



MELHORIA DO SISTEMA DE MOVIMENTAÇÃO DO TRANSPORTADOR DE CUNHA E POSICIONAMENTO DO TABULEIRO DE APLICAÇÃO APEX

RUI FILIPE LIMA SANTOS

junho de 2017

MELHORIA DO SISTEMA DE MOVIMENTAÇÃO DO TRANSPORTADOR DE CUNHA E POSICIONAMENTO DO TABULEIRO DE APLICAÇÃO APEX

Rui Filipe Lima Santos

2017

Instituto Superior de Engenharia do Porto

Engenharia Mecânica – Mestrado em Construções Mecânicas



MELHORIA DO SISTEMA DE MOVIMENTAÇÃO DO TRANSPORTADOR DE CUNHA E POSICIONAMENTO DO TABULEIRO DE APLICAÇÃO APEX

Rui Filipe Lima Santos

Dissertação apresentada ao Instituto Superior de Engenharia do Porto para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Engenharia Mecânica, realizada sob a orientação do Doutor Francisco José Gomes da Silva e coorientação do Doutor Raul Duarte Salgueiral Gomes Campilho.

2017

Instituto Superior de Engenharia do Porto

Engenharia Mecânica – Mestrado em Construções Mecânicas



JÚRI

Presidente

Arnaldo Manuel Guedes Pinto

Professor Adjunto, Instituto Superior de Engenharia do Porto

Orientador

Francisco José Gomes da Silva

Professor Adjunto, Instituto Superior de Engenharia do Porto

Coorientador

Raul Duarte Salgueiral Gomes Campilho

Professor Adjunto, Instituto Superior de Engenharia do Porto

Arguente

Abílio Manuel Pinho de Jesus

Professor Auxiliar, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, os meus agradecimentos dirigem-se ao impulsionador de todo este caminho enriquecedor. Ao orientador da dissertação Francisco José Gomes da Silva, uma palavra de agradecimento é tão pequena, mas com um tamanho infinito de significado, que marca um percurso rigoroso, de apoio, de dedicação e de crescimento constante.

Ao coorientador Engenheiro Raul Campilho, por toda a partilha de conhecimentos que permitiram o meu crescimento pessoal e profissional e pelo aconselhamento de melhoria constante deste trabalho.

Ao Eng.º Luis Cruz, orientador do contexto de estágio, pela disponibilidade e apoio prestado diariamente, permitindo a integração numa equipa de trabalho e a vivência de diversas aprendizagens significativas que contribuíram em muito para o desenvolvimento deste trabalho. O meu agradecimento também a todos os colegas de gabinete que contribuíram e muito para a aquisição de outras competências.

A todos os meus colegas do ISEP, em especial ao António Magalhães porque contribuíram de forma direta e indireta em todo o meu percurso académico e na concretização e finalização deste trabalho.

Por fim, deixo um agradecimento especial à família, nomeadamente à minha mulher e ao meu filho, que partilharam comigo esta caminhada rigorosa que em muitos momentos resultou na minha ausência e falta de atenção para com eles. Agradeço pela compreensão, pelo carinho e por toda a força para finalizar esta dissertação.

PALAVRAS CHAVE

Produção de pneus; Aumento de produtividade; Aumento de qualidade; Automação; Metodologia 5'S; *Lean Manufacturing*; Melhoria de sistemas produtivos.

RESUMO

Ao longo dos anos, tem-se verificado uma enorme expansão da indústria de componentes para automóveis, acompanhada de uma forte inovação, assente também na evolução da automação e robótica. Neste sentido, garantir a qualidade dos componentes e de todo o processo produtivo é primordial para impulsionar a competitividade no sector, sendo que a qualidade é uma particularidade chave desta indústria, já que todos os fabricantes e fornecedores estão sujeitos a auditorias sistemáticas e à obrigatoriedade de conduzir processos de melhoria contínua, que resultem na permanente otimização dos processos.

Este trabalho foi desenvolvido numa multinacional da indústria automóvel, nomeadamente no fabrico de um dos seus componentes, os pneus. Estes advêm de um processo produtivo complexo, desde a misturação, preparação, construção, vulcanização, até à inspeção, e estão fortemente motivados por processos de melhoria. Num destes departamentos (Preparação - Máquina *Apex*) foram encontrados problemas relacionados com um número elevado de avarias de sistemas pneumáticos e alguma dificuldade de os controlar, quer pela velocidade de trabalho, quer pelo posicionamento. A falta de automatização atrasava determinados processos, aumentando os tempos de preparação e acarretando maiores custos para a empresa.

Com o objetivo de obter maior qualidade, fiabilidade e precisão, o trabalho desenvolvido consistiu em implementar sistemas servo-motorizados para o deslocamento linear do mecanismo e um *encoder* rotativo, com o objetivo de facilitar o conhecimento sobre o seu posicionamento. Ainda para assegurar que este local de

trabalho fosse mais seguro e prático, foi aplicada a metodologia 5S e realizada uma melhoria de segurança no equipamento.

Como conclusão, foram propostas diversas ações de melhoria para o aumento de eficiência do equipamento, algumas delas já implementadas com sucesso.

KEYWORDS

Tires production; Increasing productivity; Increasing quality; Automation; 5S methodology; Lean Manufacturing; Manufacturing system upgrade.

ABSTRACT

Over the years, there has been a huge expansion regarding the automotive component's industry and its consequent innovation that evolves together with automation and robotics. Therefore, to ensure the component's quality as well as the quality of the whole production process, it is crucial to increase competitiveness in the sector. Since quality is a key feature of this industry, all manufacturers and suppliers are scrutinized by systematic audits in order to achieve constant improvements.

This work was developed in a multinational industry, focusing on tires production for the automotive sector. Tires present a complex production process, which crosses the mixing, preparation, construction, vulcanization and inspection departments, all of them strongly predisposed to process improvement. In one of these departments (Preparation - Apex machines) problems related to a large number of failures in pneumatic systems were found, resulting in its difficult control, both in terms of speed and positioning. Some lacks of automation were delaying certain processes, increasing setup times and leading to higher production costs.

In order to achieve higher quality, reliability and accuracy, a higher level of automation was applied to this kind of machines, allowing as well improve the workplace safety by the use of 5S methodology and promoting as well a safety upgrade on the equipment.

As a conclusion, several improvements were proposed to increase the efficiency of the equipment, some of them already implemented successfully.

LISTA DE SÍMBOLOS E ABREVIATURAS

ACAP	Associação automóvel de Portugal
AG	<i>Aktionen gesellschaft</i>
AICEP	Agência para o investimento e comércio externo de Portugal
Apex	Máquina aplicadora de cunhas
ATEX	Atmosferas perigosas
CA	Corrente alternada
CAP-PLY	Cinta têxtil de <i>nylon</i> calandrada
CBDAS	<i>Continental basic data acquisition system</i>
CC	Corrente contínua
CE	<i>Conformité européenne</i>
CEM	Compatibilidade eletromagnética
CKD	<i>Completely knocked down</i>
CMIP	Continental mabor indústria de pneus
CP	Capacidade potencial do processo
CPk	Capacidade potencial do processo na pior situação possível
CPU	<i>Central processing unit</i>
CT	Construtora de talões

CVT	Pneus de veículos comerciais
D	Deteção
DE	Departamento de engenharia
DP	Departamento
DQ	Departamento de qualidade
EN	Norma europeia
ENEI	Estratégia nacional para uma especialização inteligente
EUA	Estados Unidos da América
FE	Frequência de exposição
FMEA	<i>Failure mode effect analysis</i>
FOS	<i>Factor of safety</i>
GTC	<i>Green tire conveyor</i>
I&D	<i>Investigation and development</i>
IFR	Federação internacional de robótica
ISO	<i>International organization for standardization</i>
ITA	Indústria têxtil do Ave
JIT	<i>Just in time</i>
KM	<i>Karkasse maschine</i>

MEI	Ministério da economia e inovação
MES	<i>Machine and equipment standard</i>
MTC	<i>Machine tolerance check</i>
NP	Número de pessoas expostas
OEM	<i>Original equipment manufacturer</i>
OICA	Organização internacional de construtores automóveis
PIB	Produto interno bruto
PLC	<i>Program logic controller</i>
PLT	Pneus ligeiros de passageiros
PO	Probabilidade de ocorrência
PU	<i>Production unit</i>
R	Risco
RIA	<i>Robot institute of America</i>
S	Severidade
S.A	Sociedade anónima
SMED	<i>Single minute exchange of die</i>
SWOT	<i>Strengths, weaknesses, opportunities and threats</i>
TPM	<i>Total productive maintenance</i>

TPS	<i>Toyota production system</i>
-----	---------------------------------

UE	União europeia
----	----------------

VSM	<i>Value stream mapping</i>
-----	-----------------------------

LISTA DE SÍMBOLOS E ABREVIATURAS DE EQUAÇÕES

Avail	Tempo disponível da máquina
C	Distância para penetrar na zona de perigo para que seja acionado o dispositivo de segurança
Cano	Custo final por ano
C/O	Tempo de preparação
CT	Custo total por turno de 8 Horas
CTanual	Custo total anual
Cturno	Custo final por turno de 8 Horas
ef.c	Eficiência da central energética
FAD	<i>Free air delivery</i>
K	Parâmetro da velocidade de aproximação do corpo ou partes do corpo
L	Comprimento
Lot	Tamanho de lote
n	Número de atuações
nT	Número de turnos realizados num ano
N	Número de cilindros

p	Pressão
P _m	Potência motor
P _{FAD}	Pressão em condições FAD
S	Distância mínima entre a zona perigosa até dispositivo de segurança
T	Tempo do movimento de inércia de todo o sistema
TC	Tempo de ciclo
T _{func}	Tempo de funcionamento
<i>Uptime</i>	Taxa de utilização da máquina
V	Volume
V ₀	Volume por atuação
V ₁ , V ₂	Volume por hora

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1: DESENVOLVIMENTO DA INDÚSTRIA AUTOMÓVEL NAS ÚLTIMAS DÉCADAS (INTELI, 2005)	11
FIGURA 2: A EVOLUÇÃO DAS ESPECTATIVAS DOS CLIENTES (ADAPTADO DE ALAPONT, 2005)	14
FIGURA 3: PRESSÃO GLOBAL SOBRE OS FORNECEDORES DA INDÚSTRIA AUTOMÓVEL (REIS, 2001)	16
FIGURA 4: EVOLUÇÃO DAS ÓTICAS DA QUALIDADE (FONSECA, 2014)	17
FIGURA 5: ESTRUTURA TOYOTA PRODUCTION SYSTEM (PINTO, 2008)	19
FIGURA 6: SETE DESPERDÍCIOS DO LEAN MANUFACTURING (BRITO, 2011)	20
FIGURA 7: SIMBOLOGIA VSM (ADAPTADO DE ROTHER, 1999)	22
FIGURA 8: PASSOS FUNDAMENTAIS PARA A REALIZAÇÃO DO VSM	22
FIGURA 9: EXEMPLO DE UM DIAGRAMA VSM (BRITO, 2011)	23
FIGURA 10: CINCO PASSOS DO MÉTODO 5S (BRITO, 2011)	25
FIGURA 11: VOLUME DE PRODUÇÃO RELATIVAMENTE À DIVERSIDADE DE PRODUTOS (ADAPTADO DE GROOVER, 2000)	27
FIGURA 12: RANKING DOS 10 PAÍSES MAIS ROBOTIZADOS (SALIM, 2012)	30
FIGURA 13: LINHA DE SOLDADURA RELATIVA À FÁBRICA DA NISSAN (NISSAN, 2007)	30
FIGURA 14: PLC (BECKHOFF, 2016)	32
FIGURA 15: ESQUEMA DO SISTEMA DE CONTROLO	33
FIGURA 16: SENSOR INDUTIVO E CAPACITIVO (FESTO, 2016)	34
FIGURA 17: CONSTITUINTES DE UM ENCODER ROTATIVO (SOARES, 2015)	35
FIGURA 18: CILINDRO DE SIMPLES EFEITO (FORAVE, 2010)	36
FIGURA 19: CILINDRO DE DUPLO EFEITO (FORAVE, 2010)	37
FIGURA 20: CILINDRO SEM HASTE (PARKER, 2013)	37
FIGURA 21: MOTOR CC (MENCÍA, 2015)	38
FIGURA 22: MOTORES DE INDUÇÃO LINEAR (INÁCIO, 2009)	39
FIGURA 23: PROCESSO DE AVALIAÇÃO DO RISCO CONFORME NORMA EN ISO 14121 (ADAPTADO DE SICK, 2014)	45

FIGURA 24: PERIGOS MECÂNICOS (ADAPTADO DE SOARES, 2016)	46
FIGURA 25: PERIGOS ELÉTRICOS, TÉRMICOS E POR RUÍDO (ADAPTADO DE SOARES, 2016)	46
FIGURA 26: REDUÇÃO DO RISCO (ADAPTADO DE SICK, 2014)	47
FIGURA 27: IMPEDIMENTO DE ACESSO TEMPORÁRIO (SICK, 2014)	48
FIGURA 28: IMPEDIMENTO DE ACESSO PERMANENTE (SICK, 2014)	48
FIGURA 29: REDE PARA LIMITAR O ROBÔ (COSTA, 2012)	49
FIGURA 30: SISTEMA DE PROTEÇÃO POR FEIXES DE LUZ (SICK, 2014)	49
FIGURA 31: SISTEMA DE PROTEÇÃO POR SCANNER (COSTA, 2012)	50
FIGURA 32: APLICAÇÃO DE UM SENSOR DE POSIÇÃO (COSTA, 2012)	50
FIGURA 33: BARREIRAS PARA A PROTEÇÃO DE MÃOS OU DEDOS (SICK, 2014)	52
FIGURA 34: BARREIRAS OU CORTINAS PARA DETECÇÃO DE INTRUSOS (SICK, 2014)	52
FIGURA 35: SCANNERS PARA DISTINÇÃO ENTRE PESSOAS E OBJETOS (COSTA, 2012) E (SICK, 2014)	53
FIGURA 36: GRUPO CONTINENTAL NO MUNDO	59
FIGURA 37: ÁREAS DE NEGÓCIO DO GRUPO CONTINENTAL	60
FIGURA 38: GRUPO CONTINENTAL EM PORTUGAL	61
FIGURA 39: MABOR EM 1946	61
FIGURA 40: VISTA AÉREA DA CMIP (MABOR, 2016)	62
FIGURA 41: ORGANIGRAMA DA CONTINENTAL MABOR (MABOR, 2016)	64
FIGURA 42: CONSTITUINTES GERAIS DE UM PNEU (CONTINENTAL, 2008)	66
FIGURA 43: FLUXO DOS MATERIAIS NA CMIP (MABOR, 2016)	68
FIGURA 44: RÓTULO DE INFORMAÇÃO PADRONIZADA (MABOR, 2016)	70
FIGURA 45: FLUXOGRAMA DE MATERIAIS NAS APEX	71
FIGURA 46: EXEMPLO DE MESA DE COMPOSTO DAS APEX	72
FIGURA 47: CARRO DE NÚCLEOS DE TALÕES	72
FIGURA 48: ESQUEMATIZAÇÃO DE UMA MÁQUINA APEX (CONTINENTAL, 2008)	73
FIGURA 49: TALÃO COM CUNHA E RESPECTIVO SEPARADOR, CONFORME ESPECIFICADO	75
FIGURA 50: ETIQUETA DE RETENÇÃO DE MATERIAL FORA DO ESPECIFICADO	75

FIGURA 51: LAYOUT DA ZONA DE TRABALHO DE UMA APEX (MACHINERY, 2008)	76
FIGURA 52: DISPOSITIVOS DE SEGURANÇA NUMA MÁQUINA APEX (MACHINERY, 2008)	76
FIGURA 53: EXEMPLO DE UM BOTÃO DE EMERGÊNCIA	77
FIGURA 54: CORDA DE SEGURANÇA	77
FIGURA 55: BARREIRAS DISPOSITIVOS DE SEGURANÇA	77
FIGURA 56: ANÁLISE VMS DO PROCESSO DE APLICAÇÃO DE CUNHA NO TALÃO (MÁQUINA APEX)	85
FIGURA 57: AVARIAS NO CILINDRO TRANSPORTADOR DE CUNHAS	89
FIGURA 58: CAUSAS POSSÍVEIS PARA O CRESCIMENTO DO NÚMERO DE AVARIAS	90
FIGURA 59: CUSTOS TOTAIS COM INTERVENÇÕES	91
FIGURA 60: SISTEMA DE TRANSPORTE DE CUNHA	93
FIGURA 61: ELETROVÁLVULAS RESPONSÁVEIS PELO MOVIMENTO DO TRANSPORTADOR	93
FIGURA 62: LIGAÇÃO DO CILINDRO COM O TRANSPORTADOR	94
FIGURA 63: GUIA E AMORTECEDOR	94
FIGURA 64: SENSOR INDUTIVO	95
FIGURA 65: CILINDRO RESPONSÁVEL PELA SUBIDA E DESCIDA DO TABULEIRO	95
FIGURA 66: ELETROVÁLVULA RESPONSÁVEL PELO MOVIMENTO DO TABULEIRO	96
FIGURA 67: SUPORTE DE FIXAÇÃO DO CILINDRO RESPONSÁVEL PELA SUBIDA E DESCIDA DO TABULEIRO	96
FIGURA 68: ASPETO DE UMA MESA DE TRABALHO NAS APEX	97
FIGURA 69: MANIVELA E ACOPLAMENTO PARA AJUSTE DA PONTE DE CORTE	98
FIGURA 70: FUSO E TAMPO	98
FIGURA 71: SOLUÇÃO DE UM SISTEMA SERVO MOTORIZADO	103
FIGURA 72: SOLUÇÃO DE LIGAÇÃO ENTRE TRANSPORTADOR E CORREIA	104
FIGURA 73: MÓDULO COMPACTO LINEAR DA CORREIA	105
FIGURA 74: MÓDULO LINEAR DO FUSO, SIMILAR A UM CILINDRO	106
FIGURA 75: MÓDULO LINEAR DO FUSO	106
FIGURA 76: FUSO COM GAIOLA DE ESFERAS E GUIAS	107

FIGURA 77: SOLUÇÃO PARA A ORGANIZAÇÃO DA MESA DE TRABALHO	108
FIGURA 78: SOLUÇÃO PARA A PONTE DE CORTE COM ENCODER	109
FIGURA 79: DISPOSITIVOS DE SEGURANÇA A INCORPORAR NA APEX	109
FIGURA 80: SOLUÇÃO PARA O CONTROLO DA LARGURA DA CUNHA	110
FIGURA 81: PONTE DE LIGAÇÃO DA ESTRUTURA	112
FIGURA 82: SUPORTE DE FIXAÇÃO DA ESTRUTURA AO TABULEIRO	112
FIGURA 83: COMPONENTES MECÂNICOS UTILIZADOS	112
FIGURA 84: SOLUÇÃO SERVO MOTORIZADA (VISTA ISOMÉTRICA)	113
FIGURA 85: ACOPLAMENTO ENTRE A CORREIA E O TRANSPORTADOR (VISTA EXPLODIDA)	113
FIGURA 86: SISTEMA TENSOR DA CORREIA	114
FIGURA 87: SENSORES LIMITADORES ELÉTRICOS	115
FIGURA 88: SISTEMA DE AMORTECIMENTO	115
FIGURA 89: GUIAS LINEARES COM PATINS DE ROLOS	115
FIGURA 90: SOLUÇÃO FINAL VISTA EM PERSPETIVA	116
FIGURA 91: SOLUÇÃO SERVO MOTORIZADA PARA ELEVAÇÃO VISTA EM PERSPETIVA	117
FIGURA 92: SUPORTES DE FIXAÇÃO ENTRE MÁQUINA E MÓDULO	117
FIGURA 93: BATENTES LIMITADORES	118
FIGURA 94: SUPORTES INDIVIDUAIS	118
FIGURA 95: SUPORTE PARA A MESA DE TRABALHO DAS APEX	119
FIGURA 96: SUPORTE PARA A MESA DE TRABALHO DAS APEX	119
FIGURA 97: ENCODER CEV-65M (TRELETRONICS, 2012)	120
FIGURA 98: ACOPLAMENTO ELÁSTICO E SUPORTE EM L	120
FIGURA 99: DISPOSITIVOS DE SEGURANÇA	122
FIGURA 100: DISPOSITIVOS DE SEGURANÇA (VISTA SUPERIOR DO LAYOUT)	122
FIGURA 101: SENSOR DE BANDA FR 6011	123
FIGURA 102: SUPORTE PARA O SENSOR DE BANDA	123
FIGURA 103: SUPORTE PARA O SENSOR DE BANDA	124

FIGURA 104: VISTA EM PERSPETIVA DA SOLUÇÃO FINAL	124
FIGURA 105: COLUNA DE SINALIZAÇÃO	125
FIGURA 106: GRAFCET DOS SERVOMOTORES	126
FIGURA 107: PROGRAMAÇÃO EM LADDER DOS MOVIMENTOS REQUERIDOS	131
FIGURA 108: SEQUÊNCIA DE OPERAÇÕES (ATUAÇÃO / TEMPO)	131
FIGURA 109: ESQUEMA ELÉTRICO DA UNIDADE DE CONTROLO	133
FIGURA 110: ESQUEMA DOS EQUIPAMENTOS ELÉTRICOS	134
FIGURA 111: ESQUEMA ELÉTRICO DO MOTOR 1FK7 (TRANSPORTADOR)	134
FIGURA 112: ESQUEMA ELÉTRICO DO MOTOR 1FK7 (TABULEIRO)	135
FIGURA 113: ESQUEMA ELÉTRICO DO ENCODER	135
FIGURA 114: COMPORTAMENTO DO DESLOCAMENTO DURANTE O TRANSPORTE (PERNEDER, 2012)	136
FIGURA 115: GRÁFICO VELOCIDADE VS. TEMPO DE ELEVAÇÃO DO TABULEIRO	143
FIGURA 116: PARÂMETROS DA MALHA STANDARD	144
FIGURA 117: SIMULAÇÃO À CEDÊNCIA, SEGUNDO VON MISES	144
FIGURA 118: SIMULAÇÃO À CEDÊNCIA, FOS	145
FIGURA 119: PARÂMETROS ESTIPULADOS PARA A SIMULAÇÃO DA MALHA BASEADA EM CURVATURA	146
FIGURA 120: VISTA DA MALHA BASEADA EM CURVATURA	146
FIGURA 121: SIMULAÇÃO À CEDÊNCIA VON MISES	147
FIGURA 122: SIMULAÇÃO À CEDÊNCIA, CURVATURA FOS	147
FIGURA 123: PARÂMETROS DA MALHA STANDARD	148
FIGURA 124: SIMULAÇÃO À CEDÊNCIA, SEGUNDO VON MISES	149
FIGURA 125: SIMULAÇÃO À CEDÊNCIA, FOS	149
FIGURA 126: VISTA DA MALHA BASEADA EM CURVATURA	150
FIGURA 127: SIMULAÇÃO À CEDÊNCIA, SEGUNDO VON MISES	151
FIGURA 128: SIMULAÇÃO À CEDÊNCIA, FOS EM MALHA BASEADA EM CURVATURA	151
FIGURA 129: PARÂMETROS DA MALHA STANDARD	152

FIGURA 130: SIMULAÇÃO À CEDÊNCIA, SEGUNDO VON MISES	153
FIGURA 131: SIMULAÇÃO À CEDÊNCIA, CÁLCULO DO FOS	153
FIGURA 132: CARACTERÍSTICAS DA MALHA BASEADA EM CURVATURA	154
FIGURA 133: VISTA DA MALHA BASEADA EM CURVATURA	155
FIGURA 134: SIMULAÇÃO À CEDÊNCIA, MALHA BASEADA EM CURVATURA SEGUNDO VON MISES	155
FIGURA 135: SIMULAÇÃO À CEDÊNCIA, CÁLCULO DO FOS EM CURVATURA	156
FIGURA 136: ESFORÇO APLICADO AO PARAFUSO	157
FIGURA 137: CARGAS APLICADAS ÀS GUIAS	158
FIGURA 138: DIREÇÕES DA APLICAÇÃO DA CARGA	159
FIGURA 139: DIREÇÕES DA APLICAÇÃO DA CARGA	159
FIGURA 140: SELEÇÃO DO MÓDULO LINEAR	161
FIGURA 141: GRÁFICO VELOCIDADE VS. TEMPO NA MOVIMENTAÇÃO DO TABULEIRO	164
FIGURA 142: REPRESENTAÇÃO DO EFEITO DE CORTE DUPLO	165
FIGURA 143: ETIQUETAS E BLOQUEIOS LOCKOUT (SAFETE, 2016 E REDACTOR, 2016)	171
FIGURA 144: LOCALIZAÇÃO DO PLC	179
FIGURA 145: PLC NO MODO MANUAL	179
FIGURA 146: PLC NO MODO MANUAL DE AJUSTE DO TABULEIRO	180
FIGURA 147: PLC MODO MANUAL PONTE DE CORTE	181
FIGURA 148: PLC NO MODO MANUAL DE OPERAÇÃO DO TAPETE TRANSPORTADOR	181
FIGURA 149: PLC NO MODO AUTOMÁTICO	182
FIGURA 150: INFORMAÇÃO DISPONÍVEL NO PLC PARA O OPERADOR	182
FIGURA 151: SUPORTE FIXO NA MESA DE TRABALHO DAS APEX	191
FIGURA 152: SENSOR DE BANDA APLICADO NA APEX 12	191

ÍNDICE DE TABELAS

TABELA 1 - PRODUÇÃO AUTOMÓVEL NO MUNDO (UNIDADES) (OICA, 2016)	10
TABELA 2 - PRODUÇÃO AUTOMÓVEL EM PORTUGAL (UNIDADES) (OICA, 2016)	13
TABELA 3 - DIFERENTES NÍVEIS DE SEVERIDADE (ADAPTADO DE COSTA, 2014)	53
TABELA 4 - DIFERENTES NÍVEIS DE PROBABILIDADE DE OCORRÊNCIA (ADAPTADO DE COSTA, 2014)	54
TABELA 5 - DIFERENTES NÍVEIS DE FREQUÊNCIA DE EXPOSIÇÃO (ADAPTADO DE COSTA, 2014)	54
TABELA 6 - DIFERENTES NÍVEIS DE NÚMERO DE PESSOAS EXPOSTAS (ADAPTADO DE COSTA, 2014)	55
TABELA 7 - AVALIAÇÃO DE RISCO (ADAPTADO DE COSTA, 2014)	55
TABELA 8 - CARACTERÍSTICAS DO CILINDRO DO TRANSPORTADOR	78
TABELA 9 - RESULTADOS FINAIS RELATIVOS AO CILINDRO DO TRANSPORTADOR	79
TABELA 10 - CARACTERÍSTICAS DO CILINDRO DO TABULEIRO	79
TABELA 11- RESULTADOS FINAIS RELATIVOS AO CILINDRO DO TABULEIRO	80
TABELA 12 - TEMPO MÉDIO DAS OPERAÇÕES DA MÁQUINA APEX 3	81
TABELA 13 – ANÁLISE SWOT DO EQUIPAMENTO	86
TABELA 14 – OCORRÊNCIA DE AVARIAS NA APEX 3 DURANTE O ANO DE 2015	88
TABELA 15 - IDENTIFICAÇÃO DOS ACIONADORES	125
TABELA 16 - IDENTIFICAÇÃO DOS ACIONADORES LADDER	127
TABELA 17 - MATERIAL ELÉTRICO NECESSÁRIO PARA OS DOIS SERVOMOTORES	132
TABELA 18 - CARACTERÍSTICAS DA CORREIA	139
TABELA 19 - CARACTERÍSTICAS DA POLIA DENTADA	139
TABELA 20 - CARACTERÍSTICAS PRINCIPAIS DO MOTOR	142
TABELA 21 - CARACTERÍSTICAS PRINCIPAIS DA CAIXA REDUTORA	142
TABELA 22 - CÁLCULO DO MOMENTO EM XX'	159
TABELA 23 - CARACTERÍSTICAS DO MÓDULO LINEAR	161
TABELA 24 - CARACTERÍSTICAS PRINCIPAIS DO SERVOMOTOR	163

TABELA 25 - CARACTERÍSTICAS PRINCIPAIS DA CAIXA REDUTORA	163
TABELA 26 - MASSA APLICADA NO VEIO	165
TABELA 27 - CUSTO DO EQUIPAMENTO PARA MELHORIA DO TRANSPORTADOR	167
TABELA 28 - CUSTO DO EQUIPAMENTO PARA MELHORIA DO ACIONAMENTO DO TABULEIRO	168
TABELA 29 - CUSTO DO EQUIPAMENTO PARA MELHORIA DA ORGANIZAÇÃO	168
TABELA 30 - CUSTO DO EQUIPAMENTO PARA MELHORIA DO SISTEMA DE SEGURANÇA	168
TABELA 31 - CUSTO DO EQUIPAMENTO PARA MELHORIA DA PONTE DE CORTE	168
TABELA 32 - CUSTO DO EQUIPAMENTO PARA MELHORIA DO SISTEMA DE CONTROLO DA LARGURA DA CUNHA	169
TABELA 33 - NÍVEIS DE SEVERIDADE	173
TABELA 34 - NÍVEIS DE DETEÇÃO	174
TABELA 35 - NÍVEIS DE OCORRÊNCIA	174
TABELA 36 - ANÁLISE DE RISCO	176
TABELA 37 – ANÁLISE SWOT DO EQUIPAMENTO	183
TABELA 38 – LISTA DE PEÇAS	184

ÍNDICE

1	INTRODUÇÃO	1
1.1	Enquadramento	1
1.2	Objetivos	2
1.3	Metodologia	3
1.4	Estrutura	4
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	9
2.1	A indústria automóvel: breve introdução	9
2.1.1	A Indústria automóvel em Portugal	10
2.1.2	Particularidades da indústria automóvel	13
2.2	Técnicas de otimização de processos na indústria automóvel (LEAN)	17
2.2.1	Desperdícios	20
2.2.2	Value Stream Mapping (VSM)	21
2.2.3	Análise SWOT	24
2.2.4	Metodologia 5S	24
2.3	Automação	25
2.3.1	Automação na Indústria Automóvel	26
2.3.2	Robotização	28
2.3.3	Automação útil na ótica deste trabalho	31
2.4	Projeto mecânico	39
2.4.1	Consumo Energético	39
2.4.2	Segurança e diretivas de máquinas	42
3	DESENVOLVIMENTO	59
3.1	Caracterização da empresa	59

3.1.1	Caracterização do produto	65
3.2	Caracterização da Apex	71
3.2.1	Processo produtivo	71
3.2.2	Layout de trabalho	75
3.2.3	Dispositivos de segurança	76
3.2.4	Consumo Energético	78
3.2.5	Análise Value Stream Mapping	80
3.2.6	Análise SWOT do equipamento atual	86
3.3	Identificação e caracterização dos problemas	87
3.3.1	Estudo dos problemas	93
3.4	Requisitos para soluções dos problemas	99
3.5	Brainstorming	102
3.6	Projeto de Soluções Finais	110
3.6.1	Projetos mecânicos	111
3.6.2	Controlo/projeto elétrico dos servomotores	125
3.6.3	Projeto de Cálculo	136
3.7	Orçamentação e payback	167
3.7.1	Orçamentação	167
3.7.2	Análise payback	169
3.8	Plano de manutenção	170
3.8.1	Manutenção preventiva	171
3.8.2	Limpeza	171
3.9	Análise FMEA e análise de risco	172
3.9.1	Análise FMEA	172
3.9.2	Análise de riscos	175
3.10	Construção dos equipamentos/operação	178
3.10.1	Sequência de montagem	178
3.10.2	Sequência de operação	179
3.11	Análise SWOT global e ações de melhoria	183

3.11.1	Análise SWOT global	183
3.11.2	Ações de melhoria	184
3.12	Lista de peças	184
3.13	Implementação das soluções	190
4	CONCLUSÕES	195
5	BIBLIOGRAFIA E OUTRAS FONTES DE INFORMAÇÃO	199
5.1	Bibliografia	199
5.2	Outras Fontes de Informação	201
6	ANEXOS	207

INTRODUÇÃO

1.1 Enquadramento

1.2 Objetivos

1.3 Metodologia

1.4 Estrutura

1 INTRODUÇÃO

1.1 Enquadramento

A indústria automóvel tem um papel preponderante na gestão mundial da Economia. É com o crescimento e desenvolvimento da sociedade que se compreende o aumento da necessidade de mobilidade. Neste sentido, o automóvel é um dos meios de transporte que continua a ter maior procura, dando assim um maior destaque às indústrias associadas a uma maior exigência na produção dos seus componentes (INTELI, 2005).

A qualidade, o *design*, a inovação e produtividade são quatro aspetos imprescindíveis na abordagem da indústria automóvel. Em Portugal, devido à existência de mão-de-obra de mais baixo custo, as empresas tendem a desenvolver processos de intervenção humana. No entanto, a falta de automatização dos mecanismos resulta também numa maior dificuldade de encontrar garantias de qualidade. Neste sentido, estes procedimentos requerem um grande esforço por parte destas empresas, no sentido de minimizar os custos associados ao fabrico dos componentes devido à sua versatilidade, assegurando sempre a máxima qualidade, inovação e produtividade.

“O investimento promovido por este sector diferencia-se pela sua natureza inovadora, ao nível da engenharia de processo ou engenharia de produto, e assenta na incorporação dos resultados de actividades de I&D¹ tecnológico desenvolvidos na casa-mãe ou, cada vez mais, nas unidades locais em Portugal.”

(AICEP Portugal Global, 2014)

¹ I&D - *Investigation and Development* – Investigação e Desenvolvimento

Uma vez que a automação pode muitas vezes significar altos investimentos, importa salientar o contributo das empresas multinacionais em Portugal. Deste modo, o investimento de empresas estrangeiras em Portugal tem vindo a ter um grande impacto, sendo que estes tiveram um contributo muito elevado para o desenvolvimento de toda a indústria de componentes automóveis a nível nacional (INTELI, 2005).

A automação e a robótica são duas tecnologias que se têm desenvolvido paralelamente com a indústria automóvel. Todos estes aspetos estão interligados, pois quando uma evolui significa que está intrinsecamente motivado pelo outra (se a tecnologia evolui, conseqüentemente dá-se um crescimento na indústria), podendo este ser denominado de um processo cíclico. Neste seguimento, pode constatar-se que é muito comum um componente ser produzido de um determinado modo e posteriormente sofrer alterações devido à evolução da tecnologia.

Este trabalho assenta exatamente nesta assunção, tendo sido desenvolvido numa empresa de componentes para automóveis, nomeadamente pneus. O pneu é um componente que tem vindo a sofrer alterações na sua composição, assegurando assim melhor conforto, menor ruído e uma maior segurança, quer em piso molhado, quer em piso seco. A conceção de um pneu também tem vindo a evoluir ao longo dos anos, onde a tecnologia, a automação e a robótica são cada vez mais uma aposta. Assim, pode-se minimizar os custos, permitir um menor esforço por parte dos operários, aumentar a qualidade dos produtos e evitar as quebras de produção por motivos de absentismo.

1.2 Objetivos

Tendo sido este trabalho desenvolvido numa multinacional que prima pela eficiência, qualidade, flexibilidade, inovação e pela confiança que os clientes nela depositam pelos seus serviços e produtos de tecnologia avançada, é relevante continuar a desenvolver processos de melhoria que salvaguardem sempre a sua missão.

Unificando as ideias até agora apresentadas, o trabalho desenvolvido teve como principal objetivo otimizar um processo já existente na empresa, que apesar de ser um processo já automatizado, ainda incorporava muitos componentes mecânicos que elevavam o seu nível de imprevisibilidade, colocando assim em risco os seus parâmetros de qualidade, fiabilidade e precisão.

Atendendo à premência de resolução destes problemas, tornou-se necessário traçar alguns objetivos que levassem ao estudo e encontro de soluções, nomeadamente:

- Caracterizar a situação atual;
- Identificar os pontos críticos;
- Analisar possíveis soluções;
- Enumerar pontos positivos e negativos de cada solução encontrada;
- Estudar a implementação das soluções;
- Selecionar os sistemas mecânicos, elétricos e automação necessários à realização deste projeto;
- Proceder ao projeto da solução final;
- Classificar os custos associados a material e instalação;
- Elaborar o caderno de encargos;
- Proceder a uma análise *Strengths, Weaknesses, Opportunities and Threats* (SWOT) do projeto.

Após o estudo e concretização detalhada de cada objetivo, foi realizada a redação da presente dissertação que procura referenciais teóricos, mas também, a identificação de problemas e as respetivas soluções.

1.3 Metodologia

O objetivo principal deste projeto foi encontrar uma solução mais exequível e rentável para ultrapassar os problemas existentes. Devido à complexidade intrínseca destes problemas, e tendo em conta a prossecução dos objetivos anteriormente mencionados,

tornou-se pertinente definir uma metodologia inerentemente dividida nas seguintes tarefas:

- Análise detalhada do funcionamento do sistema atual;
- Identificação dos pontos negativos:
 - Custos com material de substituição;
 - Custos associados à não produção;
- Análise de possíveis soluções;
- Apresentação à empresa sobre as soluções encontradas;
- Anteprojeto da solução final;
- Possíveis melhorias e análise SWOT;
- Projeto definitivo do sistema;
- Dimensionamento;
- Classificação / custo relativo ao material e respetiva instalação;
- Lista de componentes mecânicos, elétricos e automação necessários para o correto funcionamento do sistema;
- Projeto elétrico;
- Orçamentação definitiva e respetivo caderno de encargos;
- Caracterização do funcionamento das soluções;
- Lista de possíveis anomalias e sua resolução;
- Lista de ações de manutenção a realizar.

1.4 Estrutura

A estrutura deste trabalho assenta em quatro temáticas. A primeira diz respeito à introdução que apresenta um enquadramento breve, seguido dos objetivos, da metodologia utilizada para a realização deste projeto e da definição da estrutura do trabalho. A segunda consiste na revisão bibliográfica que procura envolver referenciais teóricos, técnicos e científicos perante o estudo realizado, recorrendo ao

parafraseamento de grandes investigadores da indústria automóvel e fabrico dos respetivos componentes. O terceiro capítulo centra-se no desenvolvimento do trabalho prático, desde a identificação e caracterização de problemas encontrados, aos desenvolvimentos realizados no sentido de encontrar soluções devidamente fundamentadas, com as respetivas análises. Por último, apresentam-se as conclusões do trabalho realizado.

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 A indústria automóvel: breve introdução

2.2 Técnicas de otimização de processos na indústria automóvel (LEAN)

2.3 Automação

2.4 Projeto mecânico

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 A indústria automóvel: breve introdução

A indústria automóvel está completamente globalizada e caracteriza-se por ser uma cadeia de valor complexa, seja numa perspetiva organizacional como também a nível tecnológico (INTELI, 2005). Neste sentido, sabe-se que esta indústria tem um papel preponderante na economia mundial, pois o automóvel é visto pelas comunidades como um bem essencial de mobilidade de pessoas e bens.

Paralelamente ao crescimento da indústria automóvel, verificaram-se sempre outros desenvolvimentos pertinentes neste âmbito, como as estratégias de *Lean Production* (produção magra) – tema este que irá ser dissecado no ponto 2.2 e técnicas de gestão, como por exemplo a Gestão pela Qualidade Total.

Quando se analisa as diferentes fases do desenvolvimento da indústria automóvel, pode compreender-se a cadeia de valor existente, que está estruturada pela evolução e transversalidade a outras indústrias, desde a têxtil até à indústria metalomecânica. Neste sentido a indústria automóvel é considerada a “indústria das indústrias” (INTELI, 2005), por ser potenciadora da vitalidade das economias e pelas minuciosidades intrínsecas nesta matéria, como a empregabilidade e critérios de qualidade. Dada a importância da diversidade de sectores agregados a esta indústria, é natural que ao longo dos tempos a evolução dos mecanismos e componentes seja intensa, uma vez que existe cada vez mais a necessidade de atender ao cliente que hoje é mais exigente nas especificações dos automóveis.

Segundo INTELI (2005), o crescimento notável da indústria automóvel e respetivos componentes sobressaiu-se nos últimos 50 anos, onde a produção passou dos 10 milhões de veículos por ano em meados do século passado, para os 90 milhões nos dias de hoje (ver tabela 1).

Inicialmente, modelos únicos de automóveis facilitavam a produção de componentes pelo facto de existirem muito poucos modelos, não havendo a necessidade de uma indústria de componentes. Já nos dias de hoje, a indústria automóvel é uma indústria altamente competitiva, que permite dar resposta à necessidade dos consumidores e às especificidades que cada veículo dispõe. Atualmente, a quantidade de modelos e extras possíveis é uma realidade (Costa, 2014), o que se deve ao facto do consumidor ser muito mais ativo, tendo expectativas e exigências maiores relativamente ao produto que pretende.

Tabela 1 - Produção automóvel no mundo (unidades) (OICA, 2016)

	2014	2015	% Var. 2014/2015
Veículos Ligeiros de Passageiros	67 782 035	68 539 516	+ 1,12%
Veículos Comerciais	21 994 430	22 241 067	+ 1,12%
Total	89 776 465	90 780 583	+ 1,12%

Na tabela 1 pode-se analisar os dados mais recentes da OICA (Organização Internacional de Construtores Automóveis), que estuda a produção automóvel em todo o mundo nos anos de 2014 e 2015. Desta forma, em 2015 existiu uma produção total de 90 780 583 veículos, que representa um aumento de 1,12% relativamente ao ano anterior. Do total de veículos produzidos, 68 539 516 são ligeiros de passageiros e 22 241 067 são veículos comerciais.

2.1.1 A Indústria automóvel em Portugal

A indústria automóvel em Portugal dispõe de uma história com algumas décadas. Ao longo desses anos, a evolução desta indústria caracterizou-se como sendo dispersa, pouco qualificada e tecnologicamente pouco desenvolvida, comparativamente à

evolução da indústria automóvel no mundo, que sempre se manifestou como mais dinâmica e competitiva (INTELI, 2005).

O desenvolvimento da indústria automóvel em Portugal tem sido impulsionado pela evolução das políticas industriais e pelo papel preponderante do investimento estrangeiro, que tem repercussões diretas nas instalações de unidades de montagem local. Estas duas perspetivas de desenvolvimento são verdadeiros pilares do crescimento de toda a indústria de componentes associadas a este setor.



Figura 1: Desenvolvimento da indústria automóvel nas últimas décadas (INTELI, 2005)

Tal como se pode observar na Figura 1, foram três os principais marcos de evolução da indústria automóvel em Portugal. O Mercado Protegido distinguiu-se pela intervenção do Estado, com a “Lei de Montagem”² (INTELI, 2005) que colocava restrições na

² Decreto-Lei nº 44778 de 17/12/1962, que obrigava à montagem de veículos de passageiros a partir de 30/06/1963 e comerciais após 31/12/1964. O Decreto-Lei nº 44104 de 20/12/1961, regulamentado pelo Decreto nº 45453 de 18/12/1963, estabelecia as condições para a importação de veículos.

importação de veículos. Neste sentido, só podiam ser importados os veículos *CKD* (*Completely Knocked Down*), isto é, apenas os veículos por montar.

O segundo marco diz respeito ao projeto da Renault (1977-1986/88) que foi crucial para proliferação da indústria automóvel pela abertura do mercado às importações e ao respetivo investimento. Esta medida permitiu criar mais oportunidades de formação para os operários, construir quadros mais especializados e gestores que pudessem desempenhar determinados papéis pertinentes para o crescimento da indústria de componentes.

O terceiro e último marco da história da indústria automóvel portuguesa teve lugar a partir dos anos 90, com o lançamento do projeto AutoEuropa, onde se assistiu a uma expansão desmesurada. Com este projeto, observa-se uma abertura do mercado e um incentivo ao investimento que levou ao crescimento económico, devido ao aumento do volume de montagem e da incorporação nacional de veículos produzidos (ENEI, 2013).

Neste seguimento de ideias, importa referir que a ACAP (Associação Automóvel de Portugal) distingue o setor automóvel nacional como um dos mais dinâmicos e inovadores para a economia do país, pois (ENEI, 2013):

- Representa um universo de 28 mil empresas, 2,7% do emprego e um total de 140 mil postos de trabalho diretos;
- Atinge um volume de negócios de 24 mil milhões de euros;
- Contribui fortemente para as exportações: a produção de veículos automóveis e seus componentes constitui um dos principais setores exportadores em Portugal, representando 19,8% do total de produtos exportados;
- As receitas fiscais geradas pela venda e circulação automóvel em Portugal ascende a mais de 6 mil milhões de euros, ou seja, cerca de 4% do PIB e 21% do total das receitas fiscais.

Ainda que em Portugal a indústria automóvel e respetivos componentes tenham um papel influente na economia nacional e em vários fatores subjacentes como a criação de emprego direto e indireto, tem-se observado um decréscimo da produção

automóvel, tal como se pode verificar na Tabela 2. Não debatendo os motivos desta problemática, apresentam-se então os valores correspondentes à produção de 2014 e 2015. Segundo a OICA (2016), pode constatar-se uma produção no ano de 2015 de 115 468 veículos ligeiros de passageiros, que representa um decréscimo de produção de -1,9%, comparativamente ao ano antecedente. Já os veículos comerciais tiveram um decréscimo de -6,0%, comparando com o ano de 2014, totalizando 41 158 veículos no ano de 2015. No global, foram produzidos -3,0% de veículos no ano de 2015 comparativamente ao ano de 2014, totalizando assim 161 509 veículos no ano de 2014 e 156 626 veículos no ano de 2015.

Tabela 2 - Produção Automóvel em Portugal (unidades) (OICA, 2016)

	2014	2015	% Var. 2014/2015
Veículos Ligeiros de Passageiros	117 744	115 468	-1,9%
Veículos Comerciais	43 765	41 158	-6,0%
Total	161 509	156 626	-3,0%

2.1.2 Particularidades da indústria automóvel

A indústria automóvel, que integra o setor de componentes, é constantemente agitada por diversos fatores que são condicionados pelas alterações do mercado. Ao longo dos anos, verifica-se uma expansão evidente da indústria automóvel, mas devido à forte concorrência mundial e à crise económica que se faz sentir, as empresas encontram novos desafios. Procura-se encontrar respostas para estes novos desafios, de forma a obter vantagens positivas e que permitam a competitividade no setor.

Neste sentido, a inovação possibilita estratégias de resposta às particularidades da indústria automóvel. Contudo, analisar o conceito inovação pode tornar-se ambíguo, pois existem diversos autores que atribuem diversos significados ao mesmo conceito. Deste modo, e sendo esta dissertação direcionada para a indústria automóvel e seus componentes, foca-se a ideia do Manual de Oslo (2005), que defende que a inovação

não diz apenas respeito à inovação tecnológica, mas também à inovação de *marketing* e inovação organizacional. Assim, compreende-se que inovação diz respeito não só a avanços tecnológicos, mas também a uma série de pormenores que permitem aumentar a competitividade das empresas. São vários os tipos de inovação, mas no seguimento das ideias até aqui apresentadas, destaca-se a inovação de processo e a inovação organizacional. A primeira deve-se ao facto de a indústria automóvel trabalhar em grande medida segundo as especificações dos clientes. A segunda, e de acordo com o Manual de Oslo (2005), diz respeito à inovação organizacional de um conjunto de estratégias que permite adequar padrões organizacionais com vista a reduzir desperdícios e custos, assim como a aumentar a produtividade e a consequente competitividade.

As empresas precisam de adotar cada vez mais uma postura inovadora, seja a nível da inovação do processo, como também da inovação organizacional. Igualmente, como se verifica na Figura 2, as expectativas dos clientes têm vindo a sofrer alterações ao longo dos tempos, e existe por isso a necessidade de atender às suas exigências.

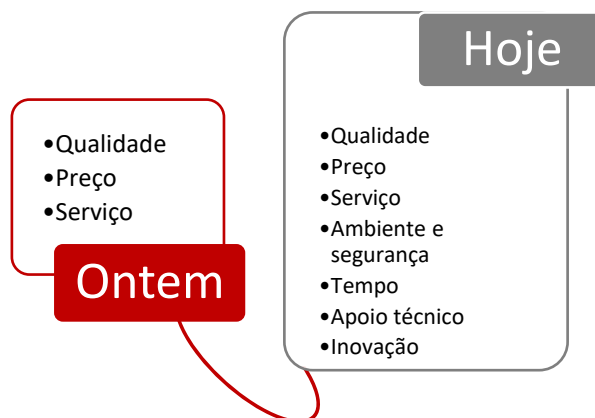


Figura 2: A evolução das expectativas dos clientes (Adaptado de Alapont, 2005)

Os clientes tornam-se a base de todo o desenvolvimento da indústria automóvel e da relevância que estes dão às particularidades que estão inerentemente ligadas, nomeadamente, o *design* de componentes, o *marketing* e a elevada qualidade. Estes fatores desenvolvem a competitividade da indústria automóvel global, isto é, as

empresas tornam-se mais competitivas no mercado quando adotam estratégias rápidas e que atendem às necessidades dos consumidores.

Segundo Ulrich *et al.* (1995), o *design* é um fator que desempenha duas funções importantes. Primeiramente, porque é visto como estratégia de confirmação de que todos os passos para o desenvolvimento de um produto foram desencadeados e realizados. Segundo, e sendo o principal foco, o *design* é um dos fatores preferenciais do cliente.

Segundo Araújo (2014), o conceito de *Marketing* pode ser determinado como um processo de análise dos produtos/serviços que procuram dar resposta às necessidades dos clientes. No seguimento desta definição, se enquadrar o *marketing* na indústria automóvel, verifica-se que esta dinâmica evolui ao longo dos anos, passando do *marketing* de massa para o *marketing* individualizado e ainda pela utilização da estratégia de *marketing* segmentado. O *marketing* de massa tem como principal objetivo o fabrico em massa, de forma a obter produtos com um custo final reduzido, obtendo assim maior lucro. De acordo com Hu (2013), o fundador do “fordismo”, Henry Ford, é um excelente exemplo de *marketing* de massa, pois o seu modelo de trabalho centrava-se na produção em massa de automóveis com baixo custo. Relativamente ao *marketing* segmentado, Brito (1998) refere que, analisando os mercados que no geral são homogéneos, identifica-se claramente conjuntos de clientes com características mais específicas e diferenciadas. Relacionado com este tipo de *marketing*, está o *marketing* individualizado. Com o aumento de competitividade e inovações tecnológicas, torna-se pertinente assumir a importância crescente do *marketing* individualizado e/ou de relações, na medida em que se verificou que apesar de a segmentação dos mercados ter estratégias inovadoras, estas eram muitas vezes ineficazes face aos objetivos delineados (C. Brito, 1998).

No seguimento destas ideias, a qualidade é também um aspeto muito significativo no desenvolvimento da indústria automóvel. Parafraseando Araújo (2014), a qualidade é um parâmetro fulcral para o ramo automóvel e, desta forma, as OEM's (*Original Equipment Manufacturer*) garantem a qualidade, pois realizam periodicamente

auditorias aos fornecedores de componentes automóveis. Com o objetivo de garantir critérios de qualidade, os fabricantes solicitam aos fornecedores que estes sigam as normas de gestão de qualidade do setor automóvel, mais conhecidas pelas ISO/TS 16949.

Tal como se pode observar na Figura 3, as OEM's e os fornecedores sofrem grandes pressões para atingir níveis elevados de eficiência, resultado das exigências dos clientes.

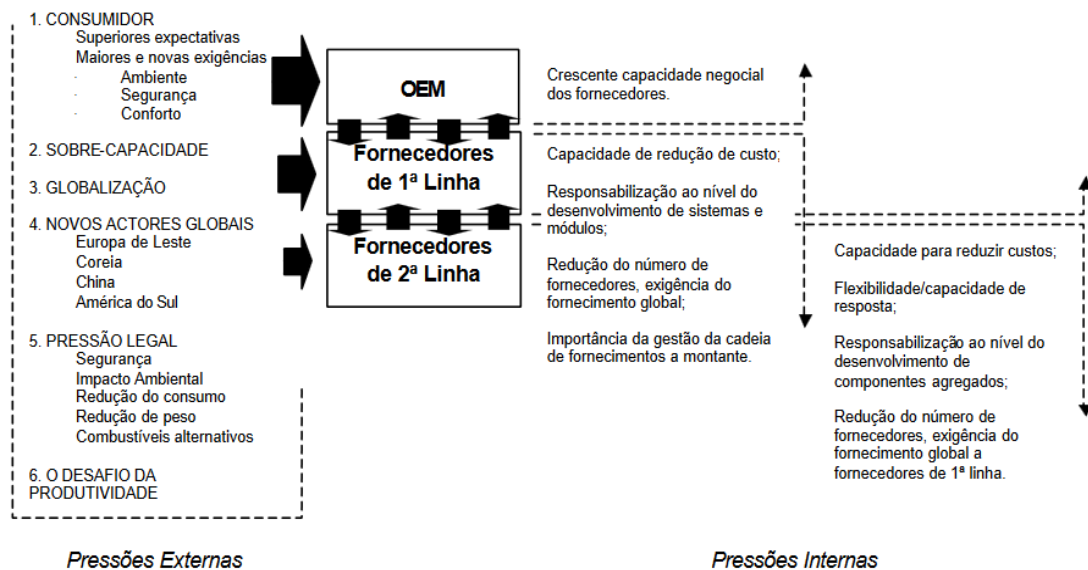


Figura 3: Pressão global sobre os fornecedores da indústria automóvel (Reis, 2001)

Ainda segundo as normas ISO 9000, define-se qualidade como a *“aptidão de um conjunto de características intrínsecas para satisfazer as exigências”*. As normas da série ISO 9000, em especial a ISO 9001, colocam a relevância na gestão da qualidade e conduzem a um maior envolvimento ao nível da gestão intermédia.

“Estas normas são reconhecidas como um instrumento relevante para a satisfação dos clientes e a melhoria contínua das organizações e, conseqüentemente, para a promoção da confiança e do desenvolvimento do comércio internacional”.

(Fonseca, 2014, p. 32)

Na Figura 4 pode-se observar a evolução da visão sobre a qualidade ao longo dos tempos.

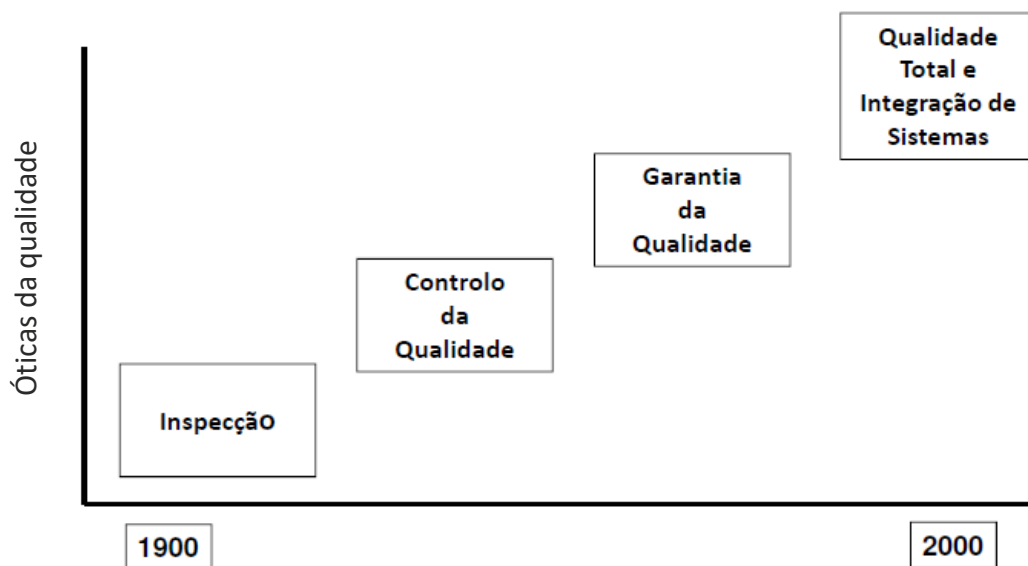


Figura 4: Evolução das óticas da qualidade (Fonseca, 2014)

2.2 Técnicas de otimização de processos na indústria automóvel (LEAN)

No início do século XX surge a produção em massa e a conseqüente desordem na gestão de *stocks*. Esta questão é incitada pelo crescimento das indústrias, aquando da sua necessidade de produzir de forma eficaz, grandes quantidades de produtos, com o objetivo de dar resposta aos mercados e assegurar critérios de qualidade. Este acontecimento ainda hoje é alvo de estudo por parte de grandes especialistas.

“...metade dos esforços dos operários em fábrica, metade do espaço de fabrico, metade do investimento em ferramentas, metade das horas de planeamento para desenvolver novos produtos em metade do tempo. Também requer muito menos de metade do inventário no local, resulta em muito menos defeitos e produz uma maior e sempre crescente variedade de produtos.”

(Womack *et al.*, 2007)

Deste modo, tal como referem os autores, a gestão de *stocks* permite o aumento de produtividade, reduzindo ou eliminando os desperdícios. Neste sentido, importa referir que este é o conceito *Lean*. Também de acordo com Guimarães *et al.* (2013), as empresas têm vindo a sofrer alterações, o que despoleta a aquisição de estratégias e/ou ferramentas de melhoria contínua que estejam vocacionadas para a eliminação de desperdícios, melhoria de produtos e aumento da produtividade. Estes processos levam ao conceito *Lean* ou conceito “magro”, que foi criado por Taichii Ohno e Eiji Toyoda após a segunda guerra mundial, pela necessidade de sobrevivência empresarial. Taichii Ohno (diretor da Toyota) atribui a Eiji Toyoda a tarefa de aumentar a produtividade, reduzindo ou eliminando os desperdícios para aumentar a competitividade no mercado. Surge deste modo o *Toyota Production System* (TPS), o qual se baseia na eliminação do desperdício e na orientação para o cliente e para as suas necessidades (Womack, 1990). Segundo Womack (1990), o conceito do TPS é designado por *Lean Production* ou *Lean Manufacturing*, que procura eliminar todas as atividades que não acrescentam valor ao produto, centrando-se nos seguintes objetivos:

- Eliminação dos desperdícios;
- Redução dos tempos de preparação;
- Melhoria da qualidade;
- Redução dos custos de fabrico e de transporte de produtos;
- *Lead Time*³ reduzido;
- Inexistência de operações que não acrescentem valor;
- *Stock* reduzido;
- Inexistência de defeitos;
- Envolvimento das pessoas nos processos;
- Produção dos produtos necessários.

³ *Lead Time* – Tempo de aprovisionamento ou tempo de ciclo.

Tal como todos os conceitos, o TPS sofreu alterações ao longo dos anos, tendo amadurecido e dando lugar ao *Lean Thinking*. Neste sentido, este processo é apresentado em forma de casa, que demonstra todos os elementos que a constituem e que a tornam sólida (ver Figura 5).

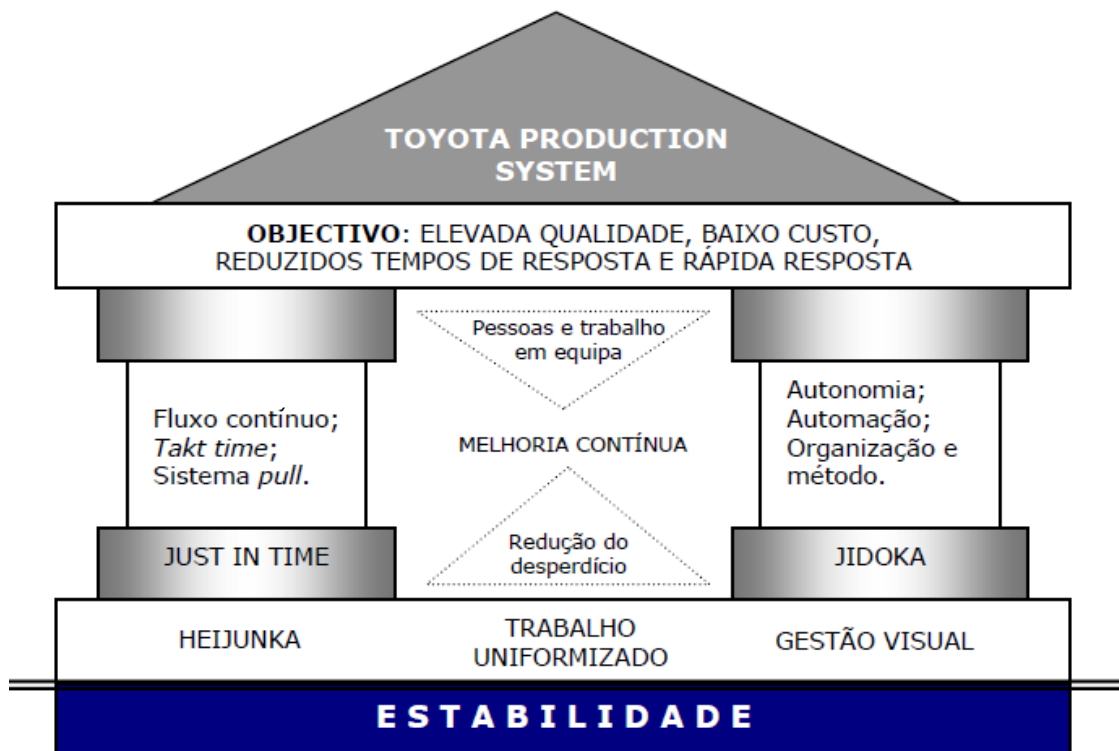


Figura 5: Estrutura toyota production system (Pinto, 2008)

Segundo Ohno (1988), como forma de eliminar desperdícios é pertinente que os dois pilares do TPS, o *just in time* (JIT) e o *Jidoka* (automação), funcionem corretamente e de forma eficaz. O pilar JIT significa “no momento certo”, isto é, produzir os produtos na quantidade certa e no momento certo. Já o *Jidoka* dá oportunidade ao operador de interromper o processo de produção aquando da presença de alguma anomalia no produto.

Estes dois pilares, tal como o nome indica, são a base do TPS, contudo são várias as ferramentas que coadjuvam para a elevada qualidade, baixos custos e redução de desperdícios, tais como:

- Organização do local de trabalho – Metodologia dos 5S;
- Análise *value stream mapping* (VSM);
- Redução de *setups* (método SMED);
- Sistema de controlo *Kanban*;
- Sistemas anti-erro (*Poka-Yoke*).

2.2.1 Desperdícios

A filosofia *Lean* considera como desperdício todo o material que não acrescenta valor no processo de produção e trabalha no sentido de eliminar esses desperdícios. Womack & Jones (1996) identificaram como sete o número de desperdícios (Figura 6) que não acrescentam qualquer tipo de valor, como já tinha sido previamente identificado por Ohno (1988), e ainda sugerem um oitavo desperdício “*design de produtos e serviços que não vão ao encontro das necessidades do cliente*”.

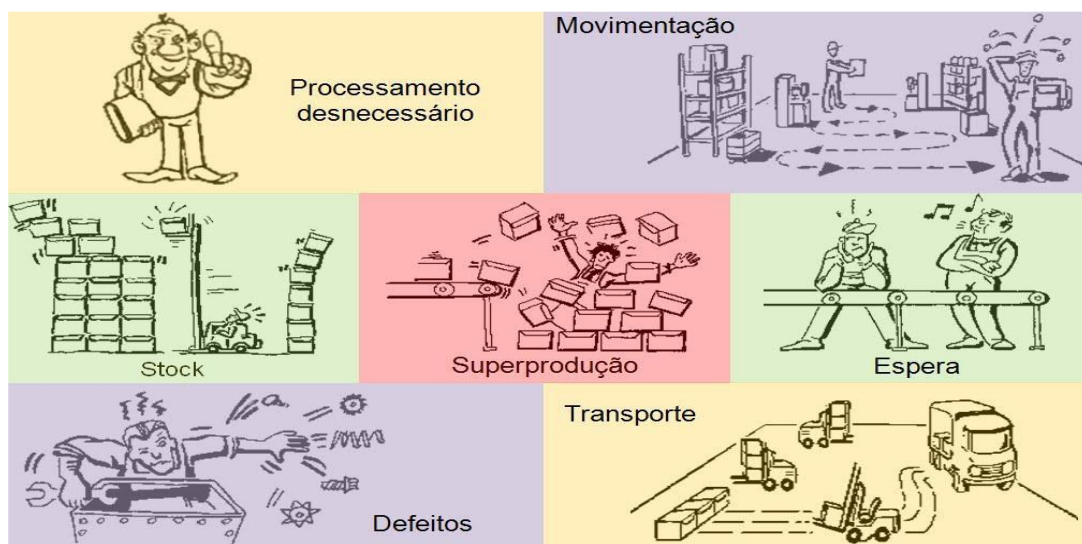


Figura 6: Sete desperdícios do *lean manufacturing* (Brito, 2011)

Superprodução – Segundo Ohno (1988), este é um dos desperdícios mais comuns nas empresas, pois significa produzir quantidades desnecessárias e um aumento sucessivo dos *stocks*.

Esperas – Este desperdício diz respeito ao tempo de inatividade de máquinas ou operadores, resultando no desperdício de material, avarias e ao possível crescimento do tempo de *setup*.

Transporte – Devido às dimensões que uma empresa usualmente possui, o transporte de materiais é inevitável, mas qualquer tipo de movimentação que não acresce valor ao produto resulta em tempos perdidos desnecessários, seja ao nível de custos, como de tempos e energia.

Processamento desnecessário – este desperdício pode acontecer devido ao manuseamento incorreto de equipamentos, ferramentas ou à falta de formação por parte de quem opera a máquina. De modo mais concreto, são operações realizadas no processo produtivo que não acrescentam valor ao produto.

Stock – o excesso de *stock* indica aglomeração de produtos em qualquer parte do processo produtivo, que conseqüentemente leva ao desperdício a nível de investimento, espaço e tempo.

Defeitos – Quando os produtos não enquadram todas as especificações de qualidade que possam satisfazer o cliente, passam a ser considerados produtos não conformes, isto é, desperdício de tempo e material.

Movimentação – significa movimentações que os operadores executam e que estão inerentes ao processo produtivo, mas que não acrescentam qualquer tipo de valor ao produto. Neste sentido, pode-se entender que existe um mau fluxo de trabalho, onde o espaço de trabalho está desorganizado, levando à falta de métodos laborais.

2.2.2 Value Stream Mapping (VSM)

O *Value Stream Mapping*, também conhecido por Mapa do Fluxo de Valor é uma ferramenta *Lean Manufacturing* que visualiza as etapas envolvidas durante o processo produtivo, permitindo identificar as operações que proporcionam desperdício (Rother, 1999).

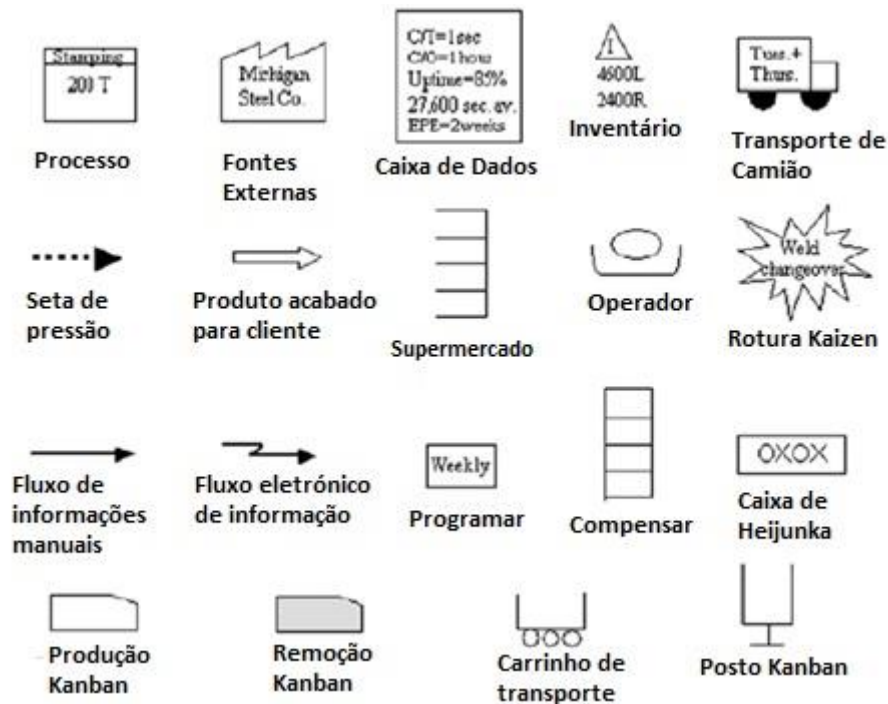


Figura 7: Simbologia VSM (Adaptado de Rother, 1999)

A Figura 7 mostra a simbologia necessária para simplificar a construção e posterior visualização do VSM. Segundo Rother (1999), para a realização do VSM têm de se ter em conta quatro passos fundamentais, tal como se pode analisar na Figura 8.

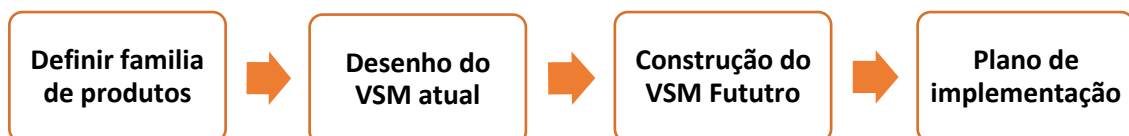


Figura 8: Passos fundamentais para a realização do VSM

Definir família de produtos – Primeiro ponto a ser definido, no qual é utilizado um diagrama de Pareto. Este diagrama facilita a identificação da família de produtos que tem maior impacto nas vendas da instituição.

Desenho do VSM atual – Este segundo passo consiste em recolher junto dos operadores informação sobre os processos, traçando assim o diagrama VSM atual. Este desenho permite que o procedimento desde o fornecedor até ao cliente final seja mapeado.

Construção do VSM futuro – A construção do VSM futuro surge devido ao facto de se querer eliminar os desperdícios relevantes no diagrama do VSM atual. Esta eliminação requer que sejam implementadas ferramentas *Lean Manufacturing*.

Plano de implementação – Este é o último passo na implementação do VSM e visa um plano de implementação de melhorias acordadas anteriormente. Findo este processo, é necessário proceder a uma análise de comparação entre o esperado inicial e o obtido, formando um ciclo de melhoria contínua (Rother, 1999). Na Figura 9 pode-se observar um exemplo de um mapa VSM.

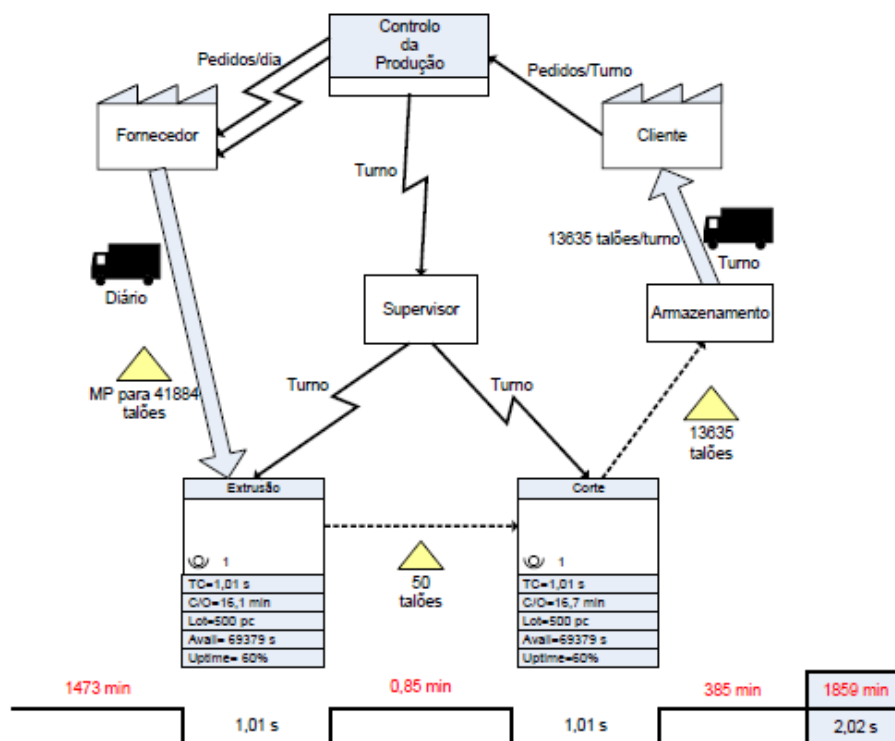


Figura 9: Exemplo de um diagrama VSM (Brito, 2011)

2.2.3 Análise SWOT

O termo SWOT é uma sigla inglesa que, quando analisada intrinsecamente, compreende-se que pode ser uma estratégia de avaliação de uma empresa ou de um determinado equipamento. Neste sentido, o termo SWOT divide-se em quatro conceitos: *S-Strengths* (pontos fortes), *W-Weaknesses* (pontos fracos), *O-Opportunities* (oportunidades) e *T-Threats* (ameaças).

Esta ferramenta de gestão foi desenvolvida em Harvard em meados dos anos 60 e centrou-se na análise interna de identificação de competências distintivas de uma empresa. Deste modo, podia-se assim identificar melhores alternativas e uma combinação de oportunidades e de recursos para uma definição de estratégia e de organização. Este tipo de ferramenta permite efetuar um resumo das análises internas e externas, identificar elementos importantes para a gestão do projeto, permitindo estabelecer prioridades e preparar ações estratégicas, possibilitando a análise nítida de riscos a ter em conta e quais os problemas a resolver.

Para se conseguir uma boa aplicação desta análise, deve ser realizado um *brainstorming* entre os responsáveis internos da empresa, onde se deve ter em conta a análise do meio envolvente, o mercado, a concorrência e os clientes, e por fim distinguir as ameaças das oportunidades (IAPMEI, 2016).

2.2.4 Metodologia 5S

Esta ferramenta *Lean* consiste numa metodologia de melhoria contínua que engloba cinco atividades análogas (similares), utilizadas para construir um local de trabalho organizado e adequado (Melton, 2005).

Para a implementação desta metodologia são necessários cinco passos, onde cada um é caracterizado por uma palavra japonesa e que começa pela letra S. Estes passos

consistem na eliminação (Seiri) dos materiais supérfluos no local de trabalho, organizar (Seiton) as ferramentas de trabalho, limpar (Seiso) a área de trabalho, normalizar (Seiketsu) e manter (Shitsuke) o local limpo e organizado. A Figura 10 representa as etapas que constituem a metodologia dos 5S.



Figura 10: Cinco passos do método 5S (Brito, 2011)

A aplicação dos 5S proporciona um local de trabalho limpo, prático e seguro. Quando se define e identifica os locais para as ferramentas de um posto de trabalho, pode-se organizar e construir uma maior acessibilidade. Desta forma os operadores reduzem desperdícios de tempo, material e energia, permitindo assim a realização de outras tarefas.

Em suma, a metodologia dos 5S melhoram as condições de trabalho para os operadores, diminuem os riscos de acidentes de trabalho e diminuem a excessiva ocupação das ferramentas e materiais desnecessários no posto de trabalho.

2.3 Automação

Automação é uma palavra derivada do latim *automatus* que significa mover-se por si, e consiste na criação de alternativas para tornar as tarefas automáticas. Deste modo, substitui o esforço humano por componentes eletromecânicos.

2.3.1 Automação na Indústria Automóvel

Ao longo dos tempos, a indústria automóvel procurou uma maior eficiência na produção e, com a conseqüente variação dos mercados, deu-se a necessidade da migração de um sistema manual para um sistema de produção automatizado.

A automação pode estar presente em diversos contextos do dia-a-dia. Contudo, é na indústria automóvel que se encontra maior incidência de desenvolvimento e crescimento. É com a automatização que os fabricantes se mantêm mais competitivos e com melhores garantias de qualidade. Automatizar alguma operação de um processo produtivo pode também diminuir riscos para os operadores, caso a tarefa cause risco à integridade física destes.

Segundo Groover (2000), são vários os fatores que levam as empresas a adotar cada vez mais a automatização. Primeiramente, um dos motivos é o aumento da produtividade, pois ao automatizar está-se a diminuir tempos de produção, o que gera um maior *output* de produtos. Em segundo, porque reduz custos de produção. Ao substituir operações manuais, elimina-se os custos da mão-de-obra, o que não descarta a necessidade de um funcionário continuar na empresa, pela necessidade de monitorizar a máquina automatizada. Em terceiro, porque aumenta a qualidade do processo produtivo, pela maior eficiência e precisão e, ainda, pela eliminação de possíveis lacunas do sistema manual. Outro fator a ter em conta é evitar os custos da não automatização. Certas operações necessitam de máquinas e, por vezes, estas geram constantes avarias que precisam de ser solucionadas, para evitar custos maiores. Neste sentido, as empresas acabam por automatizar esse processo, para evitar os custos da não automatização. Estes são alguns dos fatores que são abordados neste documento, mas estes são apenas os mais pertinentes para a temática desenvolvida.

De acordo com Groover (2000), os sistemas automatizados podem ser divididos em três tipos, em função do volume de produção e da diversidade de produtos, tal como se pode observar na Figura 11:

- Automação fixa;
- Automação programável;
- Automação flexível.

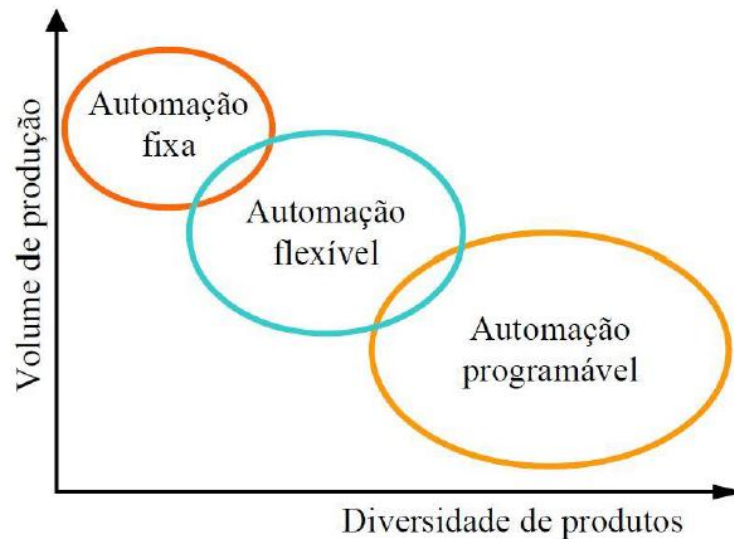


Figura 11: Volume de produção relativamente à diversidade de produtos (adaptado de Groover, 2000)

Neste sentido, compreende-se que quando a diversidade de produtos é elevada e o volume reduzido, a automação mais congruente é a automação programável. Caso exista um grande volume de produção e uma baixa diversidade de produtos, o tipo mais indicado será a automação dedicada ou fixa. Quando os valores são medianos, isto é, volume de produção e diversidade de produtos intermédios, o tipo de automação mais adequado é a automação flexível. Deste modo, consegue-se uma boa adaptação às alterações do produto.

Automação fixa

Este tipo de automação, tal como o nome indica, é fixa em toda a sua constituição. Esta é composta por operações simples que implicam ações rotativas e/ou um a dois movimentos. Segundo Soares (2015), as características mais importantes da automação fixa são:

- Taxas de produção elevadas (tornando os grandes investimentos facilmente recuperáveis);
- Flexibilidade reduzida perante a variedade de produtos.

Automação programável

Este sistema é caracterizado pela capacidade de realizar alterações na sequência operacional do processo, de maneira a reagrupar diferentes configurações. Este seguimento é comandado através de um programa que dita as instruções, de forma ao sistema o poder interpretar e executar. Com esta programação das operações, podem sempre ser fabricados novos produtos. Segundo Soares (2015), as características deste sistema são:

- Taxas de produção menores;
- Flexibilidade para lidar com alterações nas configurações do produto;
- Adequação para sistema de produção em lotes.

Automação flexível

A automação flexível é uma amplificação da automação programável, uma vez que, devido à possibilidade de adaptação de configurações, permite assim produzir vários produtos sem perdas de tempos na realização de *setup's*. Com este tipo de organização, não existe a necessidade de produção por lotes. Segundo Soares (2015), a automação flexível caracteriza-se por:

- Produção contínua de diferentes produtos;
- Taxas de produção médias;
- Flexibilidade para lidar com variações do produto.

2.3.2 Robotização

A robótica é a ciência que estuda e desenvolve os robôs (Oliveira, 2014). Segundo a *Robot Institute of America* (RIA), um robô é “um manipulador reprogramável multifuncional, projetado para mover materiais, objetos, ferramentas ou aparelhos específicos, através de vários movimentos programados com vista à realização de determinadas tarefas” (citado por Melo, 2009, p. 20).

Este conceito, já muito antigo, iniciou o seu percurso com a civilização grega na qual usavam sistemas com bombas pneumáticas e pesos, em figuras similares a humanos. As articulações mecânicas foram desenvolvidas graças à exaustiva investigação de Leonardo Da Vinci na investigação da anatomia humana, resultando em bonecos que moviam vários membros, como por exemplo as mãos, olhos e pernas, e ainda realizavam ações simples como escrever e tocar alguns instrumentos.

A indústria têxtil no século XVIII evolui graças à automatização das operações industriais, na qual começaram a aparecer os primeiros teares mecânicos. Durante a revolução industrial, a preocupação dos empresários consistia em apetrechar as suas unidades fabris com equipamentos capazes de realizar e reproduzir automaticamente as tarefas que estavam ao encargo dos funcionários (Robótica, 2009).

O progresso dos robôs deve-se também ao desenvolvimento dos computadores, em meados da década de 1970, e das suas progressivas melhorias. Hoje em dia, a maior parte dos robôs que se encontra no mercado são monitorizados por computadores ou autómatos, sendo comum uma convenção entre máquinas e técnicas de computação.

Segundo Soares (2015), o desenvolvimento da robótica ficou marcado pelos seguintes factos:

1959 – Primeiro robô comercial (*Planet Corporation*), controlado por chaves e cames;

1960 - Primeiro robô *Unimate* (usava comando numérico programável);

1976 – Robô T3 da *Cincinnati Milacron* controlado por computador;

1982 - Robô RS-1 da IBM programado por linguagem AML;

2000 - Instalados milhares de robôs em indústrias.

A robótica continua em grande evolução e a indústria automóvel é o seu maior consumidor. Segundo a Federação Internacional de Robótica (IFR), o Japão é quem lidera o número de instalação de robôs, como se pode verificar na Figura 12.

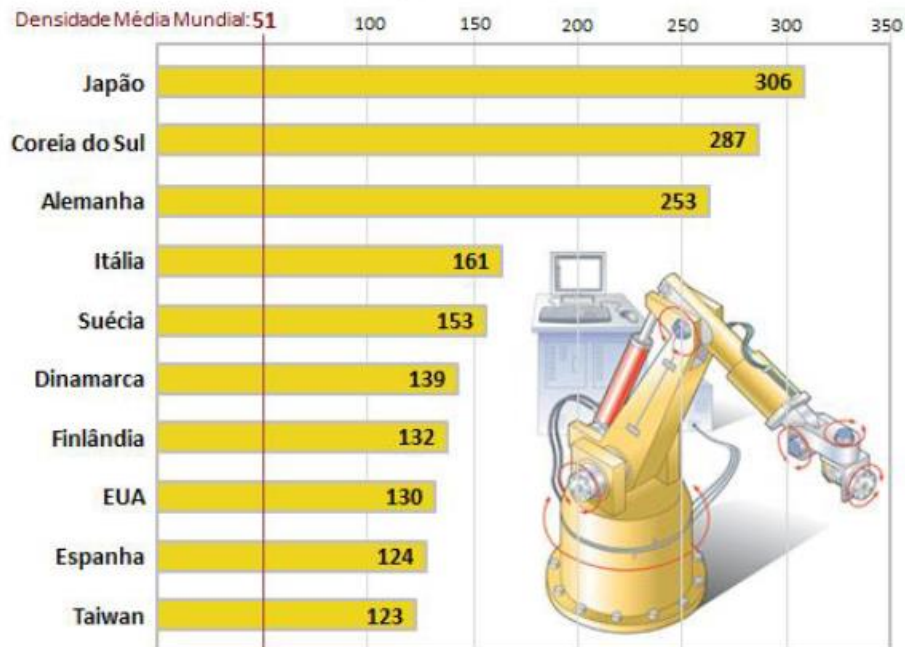


Figura 12: Ranking dos 10 países mais robotizados (Salim, 2012)

A Nissan é um dos grandes exemplos de implementação da robotização nas suas linhas de produção (ver Figura 13).



Figura 13: Linha de soldadura relativa à fábrica da Nissan (Nissan, 2007)

A grande vantagem dos robôs é que estes conseguem adaptar-se a qualquer alteração na produção através da respetiva alteração do programa. Desta forma, os robôs podem ser considerados máquinas programáveis e que possuem atributos antropomórficos⁴.

Os robôs têm como finalidade ajudar os operários nas mais variadas tarefas. Deste modo, podem-se encontrar várias aplicações para os robôs nas situações de ambientes perigosos, quando se trata da possibilidade de causar risco à integridade física; em trabalhos repetitivos, quando se trata de movimentos simples; em operações contínuas e mudanças frequentes. A utilização de robôs permite uma produção sem paragens e a manipulação difícil, quando se está perante cargas pesadas (Araújo, 2014).

2.3.3 Automação útil na ótica deste trabalho

A automatização de operações no processo produtivo é uma possibilidade muito relevante na ótica deste trabalho. Na indústria automóvel procura-se sempre uma grande eficiência e precisão para obter produtos de alta qualidade que satisfaçam as OEM'S e outros clientes. Neste sentido, e como referido anteriormente, a automatização pode dar resposta a esta necessidade das indústrias. Automatizar permite aumentar a produtividade, reduzir custos e garantir qualidade. Estes são interesses primordiais nas empresas e assim este trabalho também pretende estabelecer a possibilidade de criar soluções para os sistemas manuais, de forma a torná-los mais rentáveis.

As tarefas realizadas manualmente podem ser substituídas por unidades de controlo, isto é, acionadas por atuadores pneumáticos ou elétricos, com ou sem haste, rotativos, com pinças, entre outros, comandados por um *Program Logic Controlle* (PLC), por

⁴ Antropomórfico - Morfologia similar ao Homem.

sensores de posicionamento e fins de curso. Estas são opções viáveis, acompanhadas muitas vezes de amortecedores de choque para movimentação de cargas.

Deste modo, o mercado oferece uma vasta gama de modelos e marcas para cada solução. Nos pontos seguintes serão abordados alguns desses componentes e acessórios de automação normalizados, que devem ser um fator prioritário na escolha para projetos de sistemas automatizados.

2.3.3.1 Unidade de controlo

A unidade de controlo é um dispositivo que tem como principal função a interconexão entre os elementos sensores e os elementos atuadores, recolhendo dados e enviando ordens aos atuadores a partir de dispositivos tais como microcontroladores, PLC's (Figura 14) ou microprocessadores, entre outros.



Figura 14: PLC (Beckhoff, 2016)

De acordo com Borges (2008), os PLC's integram um *Central Processing Unit* (CPU), com memórias e cartas de entrada e saída. A informação das entradas (sensores) permite ao PLC analisar informações sobre o equipamento, processar o programa desempenhando funções internas e executar o controlo de instruções que são dadas às saídas

(atuadores). Este é um processo cíclico. Para uma melhor compreensão apresenta-se um esquema que exemplifica todo o procedimento de um sistema de controlo (Figura 15).

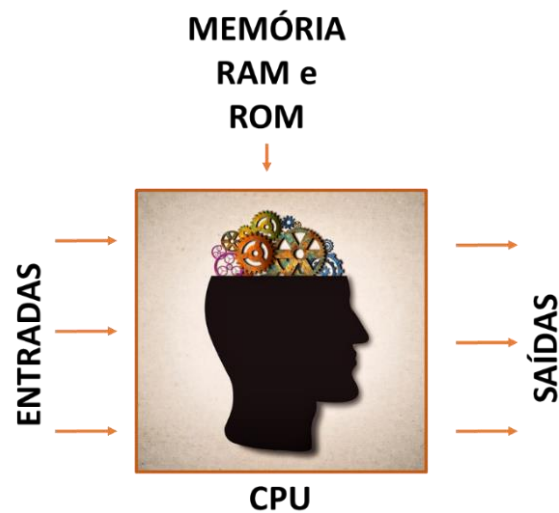


Figura 15: Esquema do sistema de controlo

Sensores

O equipamento que deteta tudo o que ocorre em processos automáticos e fornece informações através de sinais designa-se por sensor. Estes sinais são variáveis analógicas ou digitais que podem ser empregues em processos automáticos, para que depois possibilitem ao controlador tomar decisões como: acionar uma válvula, ligar ou desligar um alarme, entre outros. Por sua vez, o atuador realiza a tarefa indicada pelo controlador. Entende-se assim que um sensor é um dispositivo de entrada que converte um sinal recebido em outro para que possa ser transmitido ao controlador e este mostre o valor da grandeza (Soares, 2015).

Serão apresentados os tipos de sensores mais relevantes no âmbito deste trabalho, embora o mercado ofereça uma gama mais alargada de sensores.

Sensores de proximidade

Estes sensores têm como objetivo detetar a presença ou ausência de um objeto. Estes podem ser capacitivos ou indutivos. Os sensores capacitivos assentam na capacitância e permitem identificar todo o tipo de objetos, seja os metais ferrosos, como os não ferrosos. O princípio de funcionamento é a alteração do dielétrico entre as armaduras de um condensador, devido à proximidade do material. Já os sensores indutivos baseiam-se na variação da indutância e só detetam peças de metais ferrosos. Isto é, neste sensor é gerado um campo magnético alternado com alta frequência. Ao detetar um corpo metálico, são produzidas correntes parasitas que absorvem a energia do oscilador. Desta forma, o sensor emite um sinal de baixa tensão relativo à notificação de presença de peça (Figura 16).

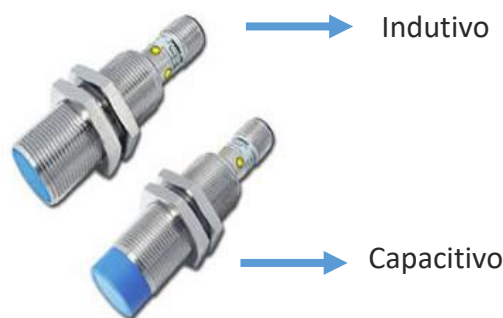


Figura 16: Sensor indutivo e capacitivo (FESTO, 2016)

Sensores óticos (*encoder*)

O sensor rotativo ótico, também conhecido por *encoder*, está disposto em forma de disco, com sinais e aberturas características. Se forem atendidos alguns cuidados na sua utilização, estes sensores tornam-se vitalícios. Também são muito precisos e de médio custo, fornecendo medidas exatas e incrementais do posicionamento de um motor, de acordo com a necessidade de cada utilização. Na Figura 17 observam-se todos os constituintes dos sensores rotativos óticos (*encoder*).

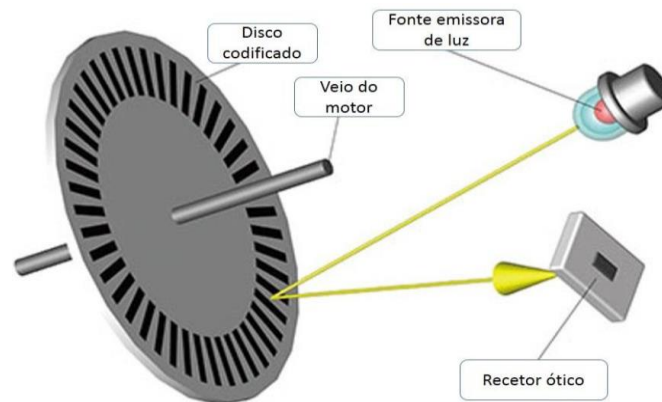


Figura 17: Constituintes de um *encoder* rotativo (Soares, 2015)

Encoder incremental

O *Encoder* incremental propicia informação sobre os movimentos executados e a direção da rotação de um motor. Este tipo de *encoder* gera um certo número de impulsos por rotação, sendo cada impulso a medida da distância movida, seja ela angular ou linear. Através de cálculo, obtém-se a posição contando os impulsos e conhecendo o ângulo inicial. O sentido de rotação é determinado fornecendo um segundo sinal desfasado $\pm 90^\circ$. O disco é dividido em segmentos separados, que são alternadamente opacos ou transparentes. Uma única ranhura fornece um impulso de indexação que indica a rotação completa e pode ser usada como ponto de referência ou posição de repouso.

Encoder absoluto

Estes *encoders* concedem informações mais precisas que os *encoders* incrementais. Neste sentido, compreendem a capacidade de informar a posição física de um elemento (ativo) sem a necessidade de fixar uma posição inicial. Isto acontece devido ao controlador obter do *encoder* um sinal diferente para cada posicionamento.

2.3.3.2 Atuadores

Os atuadores são componentes que realizam a conversão de energia quer seja elétrica, hidráulica ou pneumática, em energia mecânica. Os atuadores hidráulicos funcionam com energia hidráulica (óleo comprimido), enquanto os atuadores pneumáticos funcionam a energia pneumática (ar comprimido), executando movimentos lineares, rotativos e semi-rotativos ou angulares. No âmbito deste trabalho serão abordados os atuadores pneumáticos e elétricos.

Cilindro pneumático

Os cilindros pneumáticos requisitam grande potência e velocidade na realização dos movimentos, contudo dispõem de pouca precisão no seu posicionamento. Este tipo de cilindro utiliza um fluido (ar) a uma determinada pressão para a movimentação do êmbolo e respetiva haste. Normalmente, são utilizados em máquinas automatizadas.

Cilindro de simples efeito

O cilindro de simples efeito tem como principal função usar a força da pressão do ar para imprimir movimento linear à haste num dado sentido. O acionamento inverso é realizado através de uma mola interna ou de uma força externa (Figura 18).

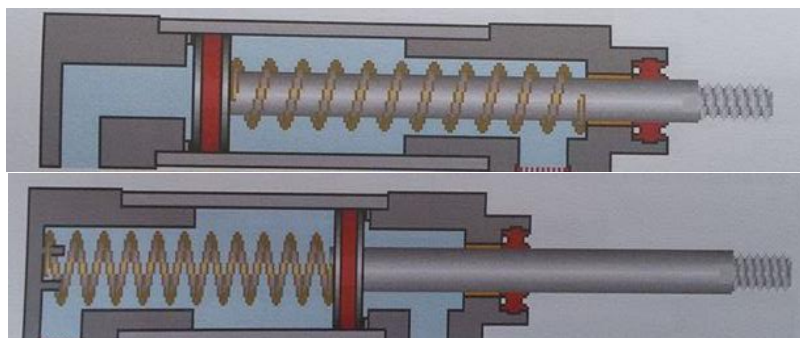


Figura 18: Cilindro de simples efeito (Forave, 2010)

Cilindro de duplo efeito

O cilindro de duplo efeito é similar ao de simples efeito, apesar de a força exercida sobre o êmbolo se deslocar nas duas direções, por ação do ar comprimido, eliminando assim a necessidade da mola (Figura 19).

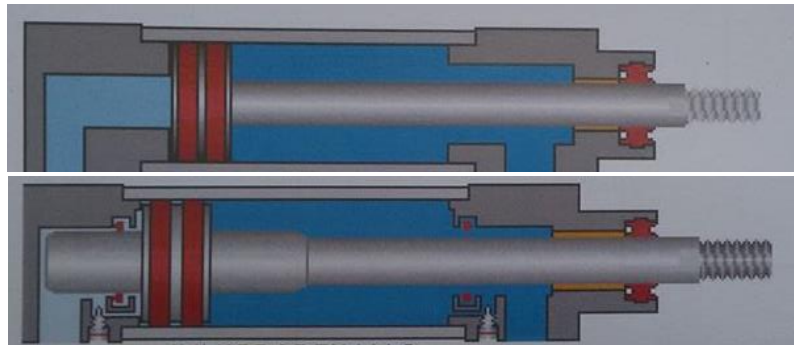


Figura 19: Cilindro de duplo efeito (Forave, 2010)

Cilindro sem haste

Os cilindros sem haste, tal como o nome indica, não possuem haste. Assim, permitem a redução do espaço necessário, quando comparado com um cilindro convencional. O princípio de funcionamento é similar ao cilindro de duplo efeito. Neste sentido, necessita de ar comprimido, seja numa câmara ou noutra, para a realização do movimento do êmbolo (Figura 20).

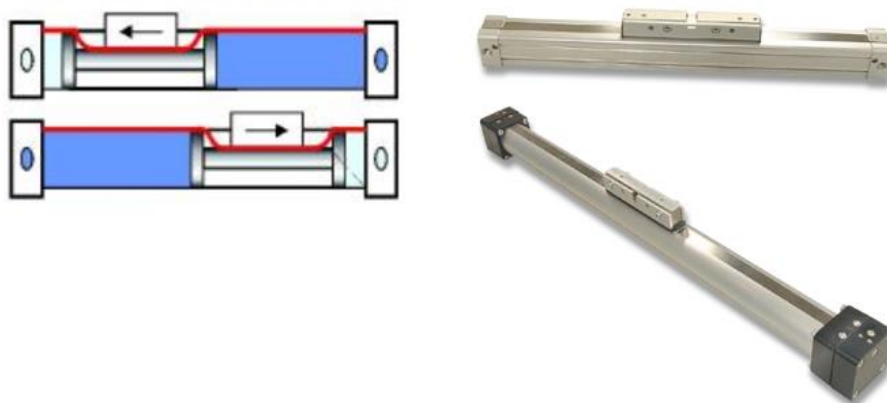


Figura 20: Cilindro sem haste (Parker, 2013)

Atuadores elétricos (motores)

Os atuadores elétricos, ou no termo mais comum - motores, têm como principal função transformar a energia elétrica em movimento mecânico. Estes motores podem ser de corrente contínua, alternada, entre outros. A principal vantagem deste tipo de atuadores refere-se à programação e manutenção. Quanto à programação, esta torna-se mais fácil pela existência de sinais elétricos. Já a manutenção pode ser minorada pela possibilidade de suprimir a substituição de peças e lubrificações, exceto em condições mais extremas. Outra vantagem deve-se aos custos dos atuadores elétricos que, comparativamente aos hidráulicos e pneumáticos, são mais reduzidos. Estes atuadores podem ser utilizados como forma de controlo da força ou posição, quando associados aos sensores.

Motores de corrente contínua (CC)

Os motores de corrente contínua (Figura 21) são utilizados em mecanismos que operam com pequenas cargas. São geralmente compactos e, perante variações de velocidade, preservam o valor do binário. Também dispõem de redutores de forma a reduzir a velocidade quando esta é elevada e, desta forma, aumentam o binário. Assim, caracteriza-se como um motor com grande flexibilidade e precisão.



Figura 21: Motor CC (Mencía, 2015)

Motores de corrente alternada (CA)

Estes são motores muito utilizados na indústria, sendo que recentemente foram utilizados em projetos de manipuladores, principalmente em motores lineares. Os motores de indução linear (Figura 22) convertem movimento rotativo diretamente em movimento de translação.



Figura 22: Motores de indução linear (Inácio, 2009)

2.4 Projeto mecânico

2.4.1 Consumo Energético

Para rentabilizar os custos de investimento de uma empresa no consumo energético, alterar mecanismos pneumáticos para mecanismos elétricos pode ser uma solução exequível, pois o custo do ar comprimido é superior ao da energia elétrica. Deste modo, e com o objetivo de poupar energia, torna-se pertinente apresentar equações que permitam realizar cálculos e comparar possíveis resultados. As equações podem ajudar na determinação de valores que levem a analisar os custos por unidade de tempo, possibilitando uma análise do *payback*. Seguidamente, apresentam-se as equações que se tornaram fulcrais para o cálculo do consumo energético pneumático (Novais, 1995). O volume de um cilindro é obtido através da Equação (1):

$$V = \frac{L \times \pi \times \phi^2}{4} \times 2 \quad (1)$$

Onde as variáveis têm o seguinte significado:

V – Volume (m³);

L – Comprimento (m);

∅ – Diâmetro (m).

A Equação (2) permite o cálculo do volume por atuação:

$$V_0 = V \times \frac{P}{P_{FAD}} \quad (2)$$

Onde as variáveis têm o seguinte significado:

V₀ – Volume por atuação (m³, FAD (*Free Air Delivery*)/atuação);

V – Volume (m³);

P – Pressão (bar);

P_{FAD} – Pressão em condições FAD (1 bar, 20°C).

O caudal consumido por um cilindro é calculado através da Equação (3):

$$V_1 = V_0 \times n \times N \quad (3)$$

Onde as variáveis têm o seguinte significado:

V₁ – Volume por hora (m³, FAD/hora);

V₀ – Volume por atuação (m³, FAD/atuação);

n – Número de atuações por hora;

N – Número de cilindros.

O custo final por turno pode ser obtido através da Equação (4), tendo em conta a conversão do caudal em condições FAD para condições normais:

$$C_{\text{turno}} = V_2 \times t_{\text{func.}} \times \text{ef.} \times c \times \text{Custo energia} \quad (4)$$

Onde as variáveis têm o seguinte significado:

C_{turno} – Custo final por turno de oito horas (€/turno);

V_2 – Volume específico por hora ($\text{N} \cdot \text{m}^3/\text{hora}$);

$t_{\text{func.}}$ – Tempo de funcionamento (h);

$\text{ef.} \times c$ – Eficiência da central energética, valor fornecido pelo Departamento de energia 0.1371 (kWh/Nm^3);

custo energia – Custo da energia elétrica, valor fornecido pelo Departamento de energia da CONTINENTAL – MABOR = 0,084 (€/kWh).

O custo final por ano do consumo de ar comprimido pode ser obtido pela Equação (5):

$$C_{\text{ano}} = C_{\text{turno}} \times nT \quad (5)$$

Onde as variáveis têm o seguinte significado:

C_{ano} – Custo final por ano (€/ano);

C_{turno} – Custo final por turno de oito horas (€/turno);

nT – Número de turnos realizados num ano, valor esse de 1092 turnos.

Seguidamente, torna-se necessário apresentar as equações que permitem calcular o consumo energético do mecanismo elétrico e assim comparar os resultados dos mecanismos pneumáticos com os elétricos.

Com a Equação 6 obtém-se o custo total num turno de oito horas para movimentar o mecanismo elétrico:

$$CT = P_m \times t_{\text{func.}} \times \text{custo energia} \quad (6)$$

Onde as variáveis têm o seguinte significado:

CT – Custo total por turno de oito horas (€/turno);

P_m – Potência do motor (kW);

$t_{func.}$ – Tempo de funcionamento (h);

Custo da energia – Custo de energia elétrica, valor fornecido pelo Departamento de energia da CONTINENTAL – MABOR = 0,084 (€/kWh).

Aplicando a Equação 7 pode obter-se o custo total anual para movimentar o mecanismo:

$$C_{T\text{anual}} = C_T \times nT \quad (7)$$

Onde as variáveis têm o seguinte significado:

$C_{T\text{anual}}$ – Custo total anual (€/ano);

C_T – Custo total por turno de oito horas (€/turno);

nT – Número de turnos realizados num ano, valor esse de 1092 turnos.

2.4.2 Segurança e diretivas de máquinas

Máquina é “um conjunto, equipado ou destinado a ser equipado com um sistema de accionamento diferente da força humana ou animal directamente aplicada, composto por peças ou componentes ligados entre si (...)”.

(Decreto-Lei 103/2008, MEI⁵)

Nas indústrias, a segurança é um fator precípuo para tornar os equipamentos seguros e assegurar a integridade física dos trabalhadores. Contudo, este é apenas um parâmetro que garante a segurança e qualidade dos equipamentos. Neste sentido, é preciso garantir as diretivas para a conformidade das máquinas e obter a marcação CE que

⁵ MEI - Ministério da Economia e Inovação

corresponde não só à conformidade, mas também a critérios de segurança e saúde. Um espaço de trabalho seguro possibilita quietude aos trabalhadores. A regulamentação internacional que rege a segurança de utilizadores, destaca a necessidade de avaliar riscos e zonas de perigo das máquinas; tomar providências para a eliminação de riscos ou adotar medidas de proteção, informando os trabalhadores dos riscos remanescentes e assegurar que as estratégias definidas são colocadas em prática.

A segurança das máquinas depende de um conjunto de normas nacionais que se assemelham às normas da União Europeia, de forma a criar um mercado único de distribuição de mercadorias. Neste sentido, o Conselho Europeu compreende diretivas que definem objetivos e requisitos essenciais de segurança e saúde (MEI, 2008).

De acordo com o Decreto-Lei 103/2008 de 24 de junho, a segurança de máquinas rege-se pela Diretiva 2006/42/CE. Esta estabelece um conjunto de normas reguladoras e tem como destinatários tanto os fabricantes como os comerciantes, onde o principal objetivo são os critérios de segurança que permitam a circulação/distribuição de mercadorias no espaço Europeu. Segundo este Decreto-Lei, os fabricantes devem cumprir com alguns requisitos mínimos, nomeadamente:

- Certificar que a máquina cumpre com os requisitos essenciais pertinentes em questões de segurança e saúde;
- Certificar de que o processo técnico está disponível;
- Fornecer as informações necessárias, tal como o manual de instruções na língua do país utilizador;
- Efetuar os procedimentos de avaliação da conformidade adequados;
- Elaborar a declaração CE de conformidade e a aposição da marcação CE, e certificar-se que a mesma acompanha a máquina.

Relativamente à segurança na utilização dos equipamentos pelos trabalhadores, esta é determinada pela Diretiva 89/655/CEE (Diretiva de Equipamentos de Trabalho). Esta Diretiva está relacionada com o Decreto-Lei 50/2005 de 25 de fevereiro que assegura a segurança e saúde dos trabalhadores, pois tem como finalidade a promoção das condições de trabalho.

Segundo a Comissão e o Conselho da União Europeia, são três os tipos de diretivas de segurança:

- Diretiva Máquinas dirigida aos fabricantes de máquinas;
- Diretiva para utilização de equipamentos de trabalho dirigida aos operadores de máquinas;
- Outras Diretivas específicas: diretiva de baixa tensão, diretiva de compatibilidade eletromagnética (CEM) e diretiva de atmosferas perigosas (ATEX).

Contudo, são excluídas das Diretiva Máquinas os seguintes equipamentos:

- Máquinas cuja fonte de energia é a força humana, exceto quando se trata de uma máquina para a elevação de cargas;
- Máquinas para utilização médica;
- Materiais específicos para feiras e parques de atrações;
- Caldeiras a vapor e recipientes sob pressão;
- Meios de transporte;
- Tratores agrícolas e florestais;
- Ascensores que servem níveis definidos de edifícios e construções por meio de uma cabine, na qual se desloca ao longo de guias rígidas e cuja inclinação em relação à horizontal seja superior a 15°;
- Ascensores de poços de minas;
- Elevadores de maquinaria de teatro;
- Ascensores destinados à elevação de pessoas ou mercadorias.

2.4.2.1 Avaliação de Risco

Quando se projeta uma máquina, projeta-se todo o cumprimento de diretivas que permitem assegurar a segurança e saúde dos trabalhadores. Neste sentido, também se avalia possíveis riscos e informa-se os utilizadores de perigos remanescentes, para que

tenham consciência da sua existência. A avaliação de riscos consiste num conjunto de procedimentos lógicos que permitem uma análise constante e sistemática. Este processo de avaliação pode assumir-se como um sistema de três etapas. Primeiro, estabelecem-se as funções da máquina; segundo, identificam-se os possíveis perigos que a máquina enquadra; terceiro, é realizada uma quantificação pela estimativa de riscos. Após esta dinâmica, procede-se à redução dos mesmos. A avaliação de riscos rege-se pela norma EN ISO 14121, onde a evolução deste processo está representada na Figura 23.

A avaliação dos riscos começa, como já referido, pelas funções da máquina. Estas podem ser: determinadas especificações; limitações de espaço e lugar; vida útil presumida; funções e modos de funcionamento previsto, funcionamento incorreto e perturbações previstas (Silva, 2015).

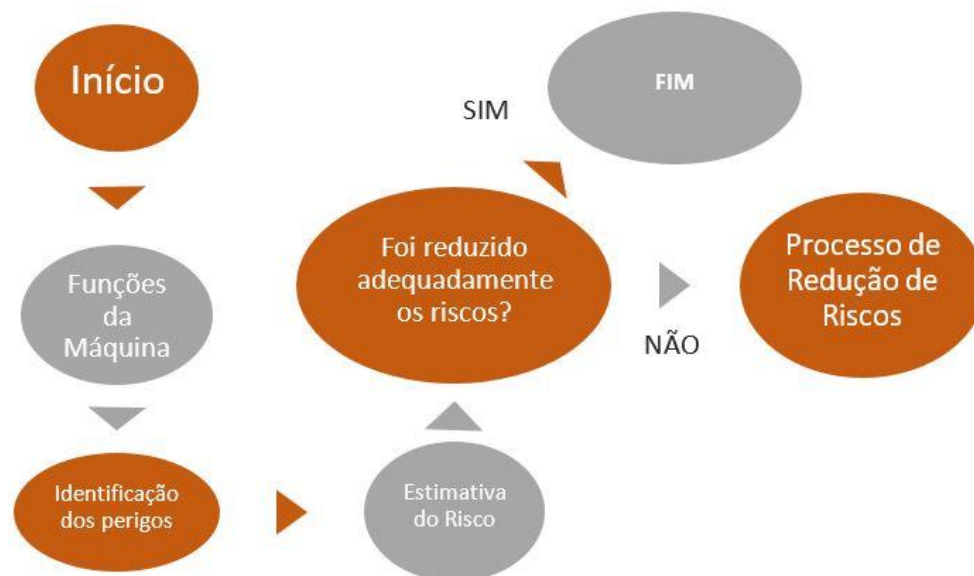


Figura 23: Processo de avaliação do risco conforme norma EN ISO 14121 (adaptado de Sick, 2014)

Após esta etapa, é analisado o passo mais relevante da avaliação de riscos que consiste nas situações de perigo. Os perigos podem ser mecânicos (Figura 24), elétricos, térmicos e por ruído (Figura 25).

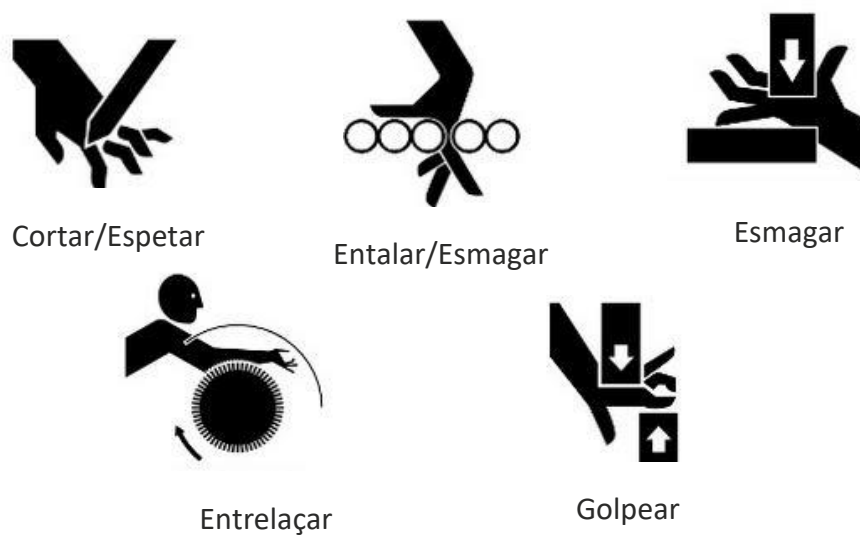


Figura 24: Perigos mecânicos (Adaptado de Soares, 2016)

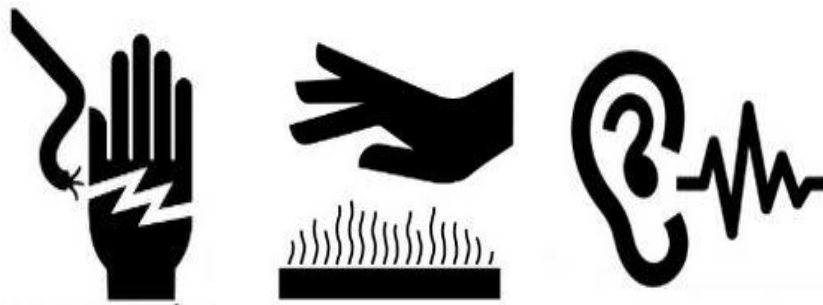


Figura 25: Perigos elétricos, térmicos e por ruído (Adaptado de Soares, 2016)

Posteriormente a uma avaliação de riscos detalhada, deve proceder-se à redução dos mesmos. A redução dos riscos significa suprimir ou minimizar os riscos, podendo aplicar-se diferentes estratégias de proteção. O processo de redução dos riscos divide-se normalmente em três etapas (ver Figura 26).

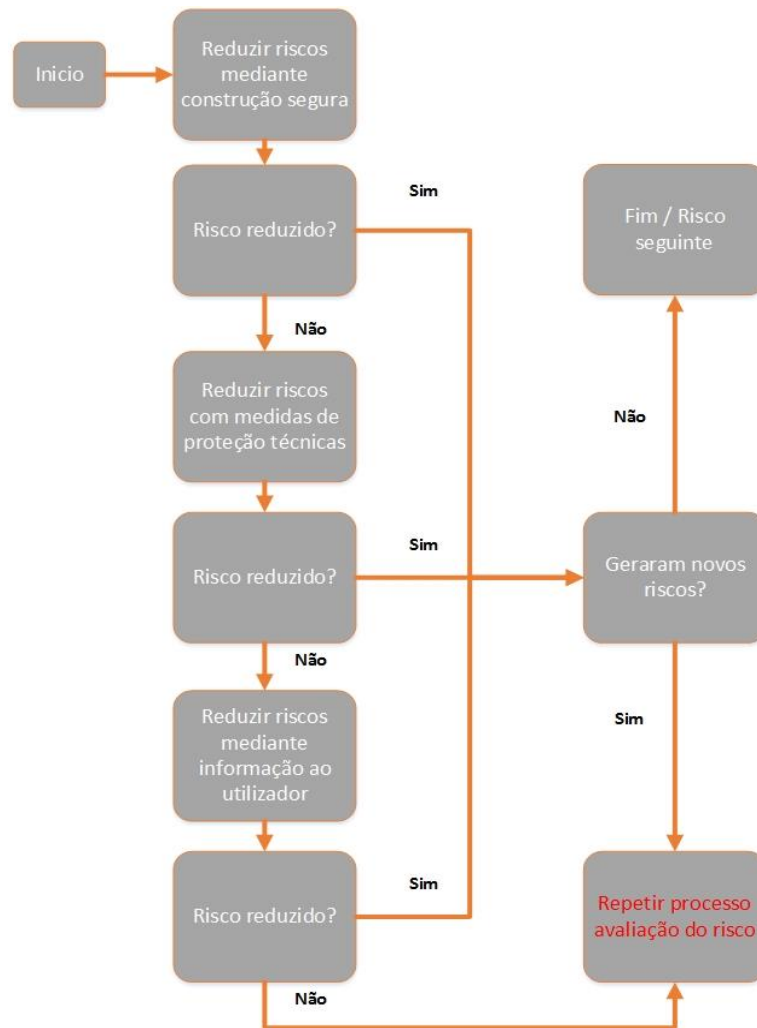


Figura 26: Redução do Risco (adaptado de Sick, 2014)

2.4.2.2 Exemplos de aplicação de dispositivos de proteção

Existem determinados riscos que não podem ser suprimidos, mas podem ser minimizados através de medidas de segurança que permitem reduzir os riscos remanescentes. Seguidamente, estão enumeradas as diferentes medidas de segurança que podem ser adotadas nas indústrias.

Impossibilitar o acesso temporário ou permanente

A utilização de dispositivos de segurança, nomeadamente painéis, barreiras ou obstáculos mecânicos, impossibilita o acesso a uma zona de perigo. Uns temporariamente (Figura 27) outros permanentemente (Figura 28).

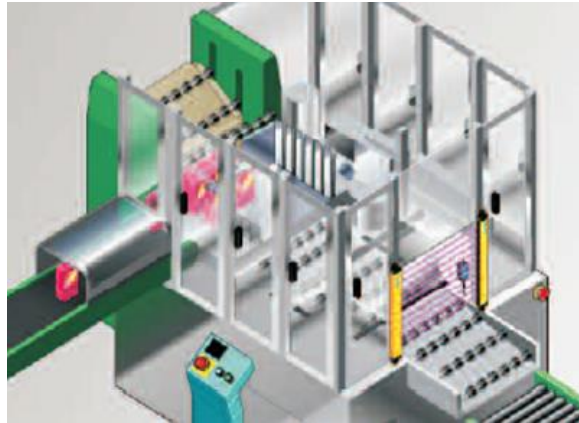


Figura 27: Impedimento de acesso temporário (Sick, 2014)

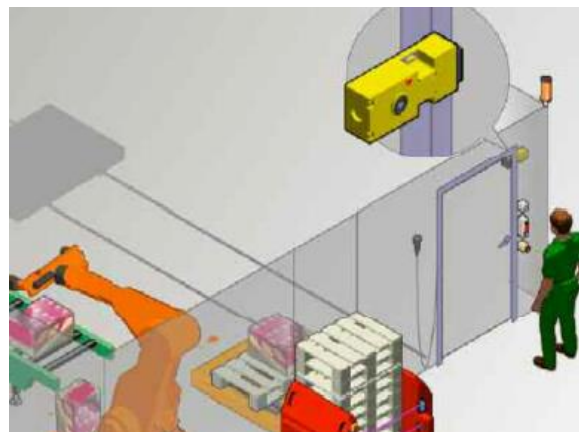


Figura 28: Impedimento de acesso permanente (Sick, 2014)

Bloquear entrada de peças, substâncias ou radiações

A utilização de redes, placas de policarbonato, entre outras medidas de proteção, é uma solução para a possibilidade de projeção de peças, emissões de substâncias ou radiações (ver Figura 29).

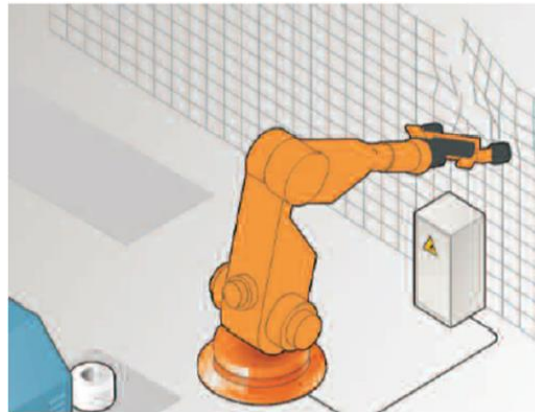


Figura 29: Rede para limitar o robô (Costa, 2012)

Impedir a colocação em movimento

Em determinados momentos, é necessário que os operadores entrem na área de trabalho da máquina. Nestes casos de risco eminente, é essencial a existência de um mecanismo que detete a presença do trabalhador e que permita a colocação da máquina em estado de paragem segura. Na Figura 30 observa-se um sistema de proteção por feixes de luz, que é uma estratégia que deteta a entrada do operador.

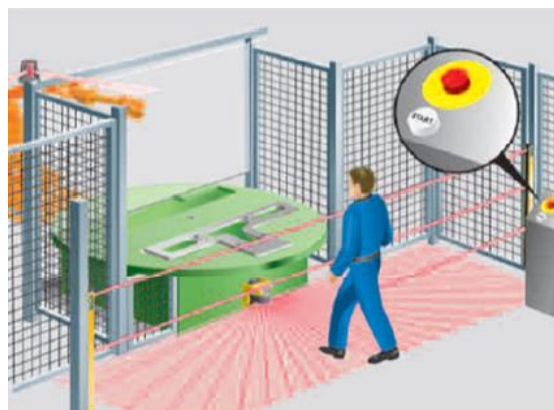


Figura 30: Sistema de proteção por feixes de luz (Sick, 2014)

Distinção entre pessoas e objetos

Uma máquina que transporta objetos para o local de trabalho da máquina necessita de uma estratégia de proteção que reconheça a entrada de objetos permitidos e que pare

a máquina quando detetada alguma anormalidade. Assim, pode utilizar-se, como se observa na Figura 31, um sistema de comutação do campo de proteção de um scanner com laser de segurança, ou cortinas de luz horizontais.

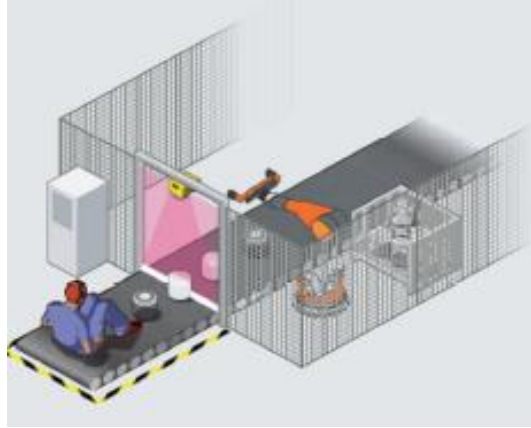


Figura 31: Sistema de proteção por scanner (Costa, 2012)

Controlo dos parâmetros da máquina

Quando os valores nominais de funcionamento de uma máquina são excedidos, existe a necessidade de verificar constantemente determinados parâmetros. Deste modo, são ativadas medidas de segurança. O controlo de posição de um robô é um exemplo (Figura 32).

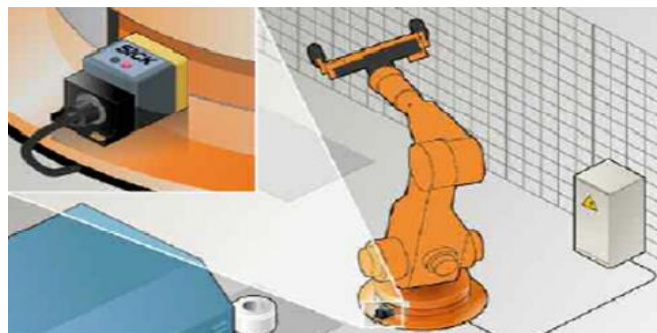


Figura 32: Aplicação de um sensor de posição (Costa, 2012)

Dispositivos de proteção optoelectrónicos

Os dispositivos optoelectrónicos dispõem de um emissor que projeta um feixe de luz que é recebido por um componente recetor, formando um feixe contínuo no qual a suspensão deste é identificada pelo sistema. Os tipos de proteção optoelectrónicos podem ser cortinas ou barreiras de luz, *scanners* ou câmaras, entre outros. As principais funções de segurança deste dispositivo consistem em provocar a paragem da máquina, evitar um arranque súbito, impossibilitar a colocação em movimento, distinguir pessoas de objetos, controlar parâmetros da máquina e informar sobre o estado de segurança (Costa, 2012).

Os dispositivos de proteção optoelectrónicos normalmente são utilizados em máquinas cujo perigo de projeção seja existente. Também é frequente o uso deste dispositivo quando os operadores têm de executar operações numa máquina que constitua perigo à sua segurança/saúde. Contudo, salienta-se que o operador se coloca nesta posição, pois está consciente da presença de riscos e do funcionamento de medidas de proteção deste tipo de máquinas que fazem parte do processo produtivo.

Estes mecanismos dispõem de duas vantagens muito favoráveis para a indústria, pois permitem um acesso mais rápido às máquinas e aumentam a ergonomia do local de trabalho (Costa, 2012). Neste sentido, é importante exemplificar situações relativas ao uso destes sensores, através da apresentação de diferentes medidas de proteção.

Proteção de zonas de perigo para mãos ou dedos

A Figura 33 apresenta as barreiras para proteção de mãos ou dedos.

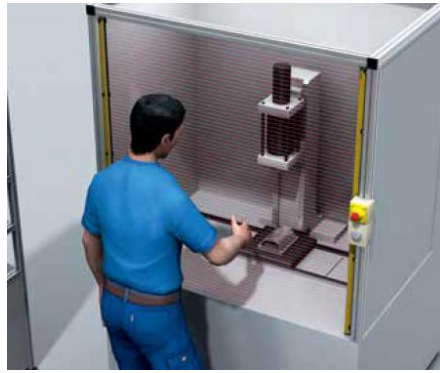


Figura 33: Barreiras para a proteção de mãos ou dedos (Sick, 2014)

Proteção contra acesso a zonas de perigo

A Figura 34 apresenta exemplos de barreiras ou cortinas para detecção de intrusos na área de segurança das máquinas.

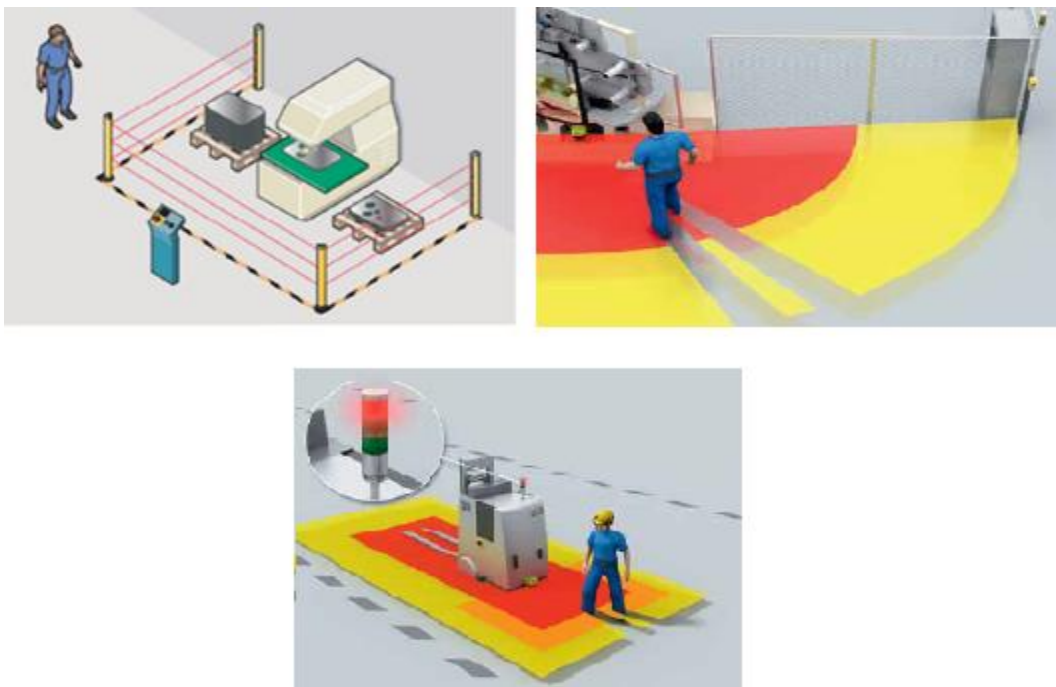


Figura 34: Barreiras ou cortinas para detecção de intrusos (Sick, 2014)

E, por último, é apresentado um exemplo de proteção para aproximação de pessoas ou objetos a uma zona de perigo (Figura 35).

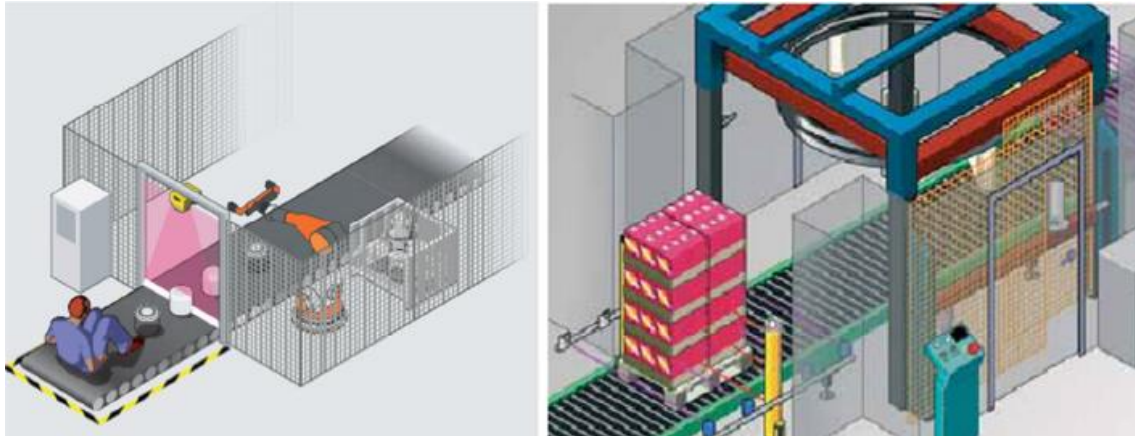


Figura 35: Scanners para distinção entre pessoas e objetos (Costa, 2012) e (Sick, 2014)

O método para análise de risco tem como base três períodos distintos:

- Avaliação do Risco;
- Solucionar o Risco;
- Consentimento do Risco.

Numa fase inicial será feito um levantamento de todas as situações possíveis que possam originar algum tipo de dano. Para a análise do risco, serão atribuídos níveis aos parâmetros de:

- Severidade do dano (ver Tabela 3);
- Probabilidade de ocorrência (ver Tabela 4);
- Frequência de exposição (ver Tabela 5);
- Número de pessoas expostas (ver Tabela 6).

Tabela 3 - Diferentes níveis de severidade (adaptado de Costa, 2014)

S (severidade)	
0.1	Arranhão, irritação, leve mal-estar

0.5	Corte, queimadura
3	Quebra ou lesão temporária de membros, perda de visão temporária, perturbação psicológica ou funcional
8	Perda de membro(s), capacidade visual ou auditiva permanente
15	Morte

Tabela 4 - Diferentes níveis de probabilidade de ocorrência (adaptado de Costa, 2014)

PO (probabilidade de ocorrência)		
0.033	Quase impossível	Apenas em circunstâncias extremas
1	Muito improvável	Embora concebível
1.5	Improvável	Mas pode ocorrer
2	Possível	Mas pouco comum
5	Casual	Pode acontecer
8	Provável	Não é inesperado
10	Bastante provável	Esperado
15	Certo	Sem dúvida

Tabela 5 - Diferentes níveis de frequência de exposição (adaptado de Costa, 2014)

FE (frequência de exposição)	
0.5	Anual

1	Mensal
1.5	Semanal
2.5	Diário
4	Horário
5	Constantemente

Tabela 6 - Diferentes níveis de número de pessoas expostas (adaptado de Costa, 2014)

NP (número de pessoas expostas)	
1	1-2 pessoas
2	3-7 pessoas
4	8-15 pessoas
8	16-50 pessoas
12	+50 pessoas

Através da multiplicação de cada parâmetro ($S \times PO \times FE \times NP = R$), o risco é calculado e categorizado segundo a Tabela 7.

Tabela 7 - Avaliação de risco (adaptado de Costa, 2014)

R	Risco
0-5	Negligenciável

5-50	Pouco Significativo
50-500	Elevado
>500	Inaceitável

As medidas a implementar são estabelecidas segundo requisitos legais ou normativos, como por exemplo:

- Prevenção intrínseca – esta medida deve ter-se em conta aquando da conceção do equipamento, limitando a exposição aos perigos;
- Proteção – esta deve ter em consideração a colocação de proteções ou dispositivos que limitam o acesso;
- Informação para utilização – esta medida consiste em colocar textos, imagens ou sinais, entre outros, para informação;
- Medidas adicionais – são estabelecidas para situações de emergência, intervenção imediata, paragem imediata da máquina, entre outros

DESENVOLVIMENTO

3.1 Caracterização da empresa

3.2 Caracterização da Apex

3.3 Identificação e caracterização dos problemas

3.4 Requisitos para soluções dos problemas

3.5 Brainstorming

3.6 Projeto de Soluções Finais

3.7 Orçamentação e payback

3.8 Plano de manutenção

3.9 Análise FMEA e análise de risco

3.10 Construção dos equipamentos/operação

3.11 Análise SWOT global e ações de melhoria

3.12 Lista de peças

3.13 Implementação das soluções

3 DESENVOLVIMENTO

3.1 Caracterização da empresa

A Continental foi fundada em Hanover (Alemanha) no ano 1871, e a sua produção centrava-se em produtos suaves de borracha, tecidos emborrachados, e pneus maciços para carruagens e bicicletas. Em 1898 surgem os pneus sem desenho de piso, ou seja, os pneus automóveis eram lisos. Sendo que esta é uma empresa conceituada em todo o mundo, conseqüentemente acompanhou sempre a evolução da indústria automóvel, de forma a manter elevados requisitos de qualidade. Neste sentido, em 1904, a Continental tornou-se pioneira no desenvolvimento e produção de pneus para automóveis com desenho de piso, e no ano seguinte surge a produção de pneus antiderrapantes para neve. Três anos mais tarde, inventou a jante desmontável para automóveis ligeiros, facilitando assim a economia de tempo e de esforço na sua substituição. Foi em 1960 que se iniciou a produção em série de pneus automóveis.

Hoje a Continental AG (*Aktionen Gesellschaft*) encontra-se entre os cinco maiores fornecedores mundiais da indústria automóvel e, desde então, tem vindo a crescer um pouco por todo o mundo. Atualmente está localizada em 190 locais de produção e conta com mais de 170 000 colaboradores em quarenta e seis países, tal como se observa na Figura 36.

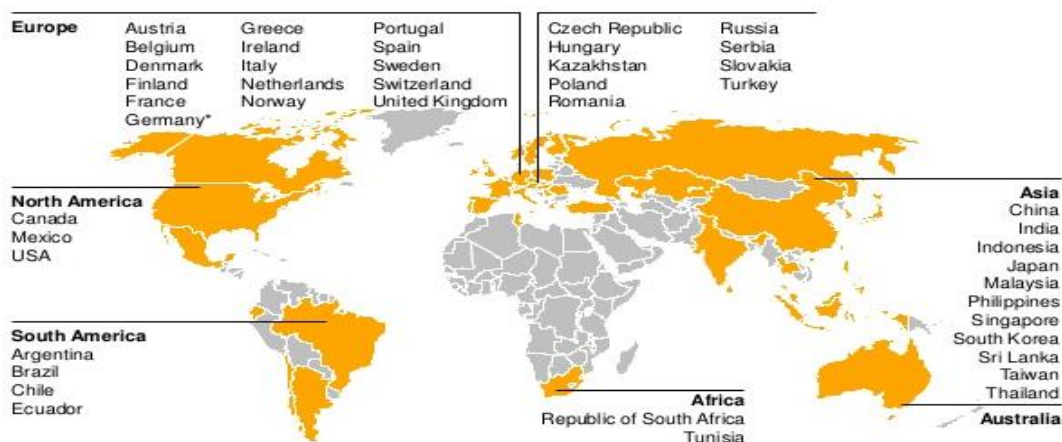


Figura 36: Grupo Continental no mundo

O Grupo Continental é dividido em “sistemas automotivos” e “componentes de borracha”. Neste seguimento, importa referir as suas seis áreas de negócio: *Chassis e Safety*; *Powertrain*; *Interior*; Pneus ligeiros de passageiros (*PLT-Tires*); Pneus de veículos comerciais (*CVT-Tires*) e *Contitech* (Figura 37).



Figura 37: Áreas de negócio do grupo Continental

Chassis & Safety diz respeito às tecnologias modernas para a segurança ativa, passiva e dinâmica de um veículo. *Powertrain* representa soluções de sistemas inovadores e eficientes para os veículos de todas as categorias. *Interior* combina todas as atividades relacionadas com a apresentação e gestão de informações dos veículos. *PLT – Tires* e *CVT-Tires* são os pneus. Estas duas áreas de negócio são responsáveis pela oferta de pneus adequados para cada tipo de aplicação em todos os veículos. Por último, a *ContiTech* desenvolve e produz peças funcionais, componentes e sistemas para a indústria automóvel e para outras indústrias-chave.

A Continental AG está representada em Portugal através de cinco empresas em dois concelhos, onde as primeiras três empresas estão situadas no norte do País e as outras duas no centro (ver Figura 38).



Continental em Portugal	
Continental Mabor	Fabrico de pneus
Continental Pneus	Empresa comercial
IT A	Fabrico de telas têxteis
Continental Lemmerz	Montagem de rodas
Continental Teves	Sistemas de travagem

Figura 38: Grupo Continental em Portugal

A Continental Mabor - Indústria de Pneus S.A. (CMIP) foi fundada em 1989 e consiste na união de duas empresas de renome na produção de pneus, a Continental AG e a Mabor. Em julho de 1990, foi iniciado um programa de reestruturação da empresa, transformando as antigas instalações (Figura 39), nas mais modernas instalações das 21 unidades industriais da Continental AG, como apresenta a Figura 40.



Figura 39: Mabor em 1946



Figura 40: Vista aérea da CMIP (Mabor, 2016)

A CMIP situa-se na freguesia de Lousado do concelho de Vila Nova de Famalicão, e atualmente dispõe de 204 140 m², com uma superfície coberta total de 86 499,2 m², contando com cerca de 1800 trabalhadores. A empresa tem capacidade de produção média de 55000 pneus/dia e dispõe de um leque variado de modelos e tamanhos. Mais de 98% da produção está destinada ao mercado de exportação. Neste sentido, o designado mercado de substituição absorve mais de metade da produção da Continental Mabor, sendo que o mercado de equipamento de origem absorve a produção restante.

A Continental Mabor é considerada a maior e a mais lucrativa do Grupo, sendo que o seu volume de negócios atingiu o recorde no último ano, de 820,6 milhões de euros. A empresa é detentora do prémio “*Quality Awards*” há quatro anos consecutivos, tendo assim o reconhecimento da “*casa-mãe*” - Continental AG. Neste seguimento, tal como refere o administrador da empresa, a Continental Mabor alcançou em 2015 recordes a nível do “*volume de vendas, resultado líquido, bem como outros indicadores financeiros e de qualidade*” (Neves, 2016). É uma empresa que procura fazer mais e melhor e, para tal, tem em curso um projeto já iniciado com a construção de uma nova unidade para produção de pneus agrícolas que pretende criar 120 a 125 novos postos de trabalho diretos.

A CMIP, como referido anteriormente, é considerada a líder entre todas as outras empresas constituintes da Continental AG. Atendendo a que a visão desta passa por ser **LIDER**, importa a compreensão dos conceitos inerentes a este propósito:

- Lousado eficiente, onde se mantém o intuito de continuarem a fazer mais e melhor;
- Inovação e antecipação das necessidades dos clientes, permitindo assim uma melhor oferta de soluções em cada mercado e adquirindo também o respetivo reconhecimento;
- Desenvolvimento de produtos de alta tecnologia;
- Excelência no conhecimento e nos processos;
- Rentabilidade sustentada.

A missão da empresa caminha em paralelo com a visão e divide-se essencialmente em quatro pontos:

- Crescer, criando valor e rentabilidade sustentada, trabalhando **uns pelos outros**;
- Ter a **confiança** dos clientes nos serviços e produtos de tecnologia avançada;
- Serem reconhecidos pela eficiência, qualidade, flexibilidade, inovação e **paixão por vencer**;
- Promover a excelência de colaboradores qualificados, motivados e com **liberdade para agir**.

O presente trabalho foi desenvolvido e enriquecido juntamente com a equipa do Departamento de Engenharia 2 (DE2), a qual abrange metade das máquinas do departamento da preparação (CT, Apex e Corte) e todo o departamento de construção. A Figura 41 apresenta o organigrama da empresa onde se pode identificar o Departamento de Engenharia (DE) que elucida os colaboradores da sua organização e gestão.

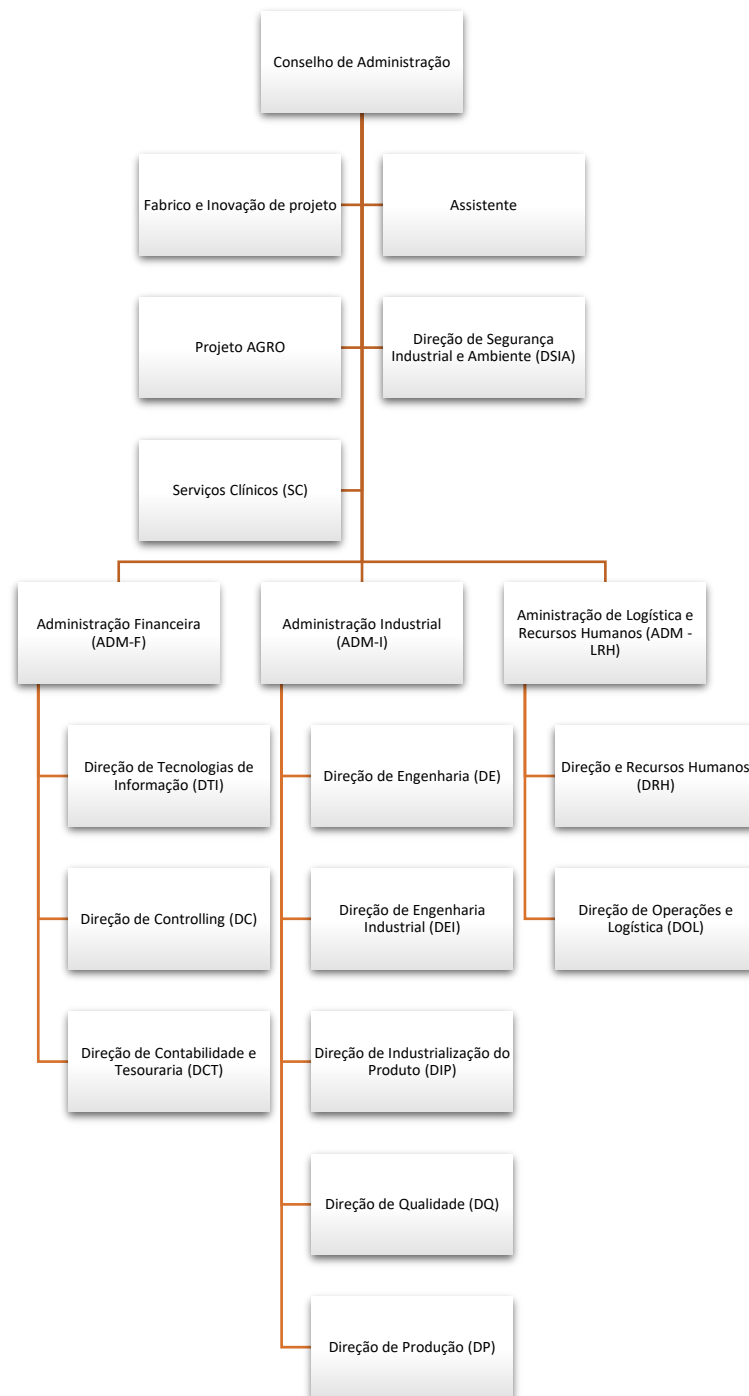


Figura 41: Organograma da Continental Mabor (Mabor, 2016)

O DE tem como principais responsabilidades:

- Elaborar, coordenar e desenvolver os procedimentos e planos de manutenção preventiva e corretiva na empresa;
- Implementar o programa de *Machine Tolerance Check* (MTC);
- Maximizar a disponibilidade das máquinas para produção;
- Apoiar a implementação de ações desenvolvidas pelos grupos de auditorias internas, análise modal de falhas e efeitos, grupo de ação positiva, sistema de sugestões, entre outros;
- Apoiar a formação dos elementos da produção, nas operações dos novos equipamentos;
- Introduzir melhorias nos equipamentos de forma a otimizar a sua capacidade (índices Cp e CpK);
- Executar todos os projetos de desenvolvimento e instalação de novas máquinas, assim como quaisquer alterações às instalações fabris;
- Participar na implementação do *Total Productive Maintenance* (TPM);
- Manter em bom estado de conservação todas as instalações fabris e assegurar a disponibilidade dos recursos energéticos necessários, otimizando a sua utilização.

3.1.1 Caracterização do produto

Atualmente são fabricados na CMIP vários tamanhos de pneus desde jante com 14" até jante com 22", e também várias marcas, desde a marca própria Continental até outras marcas comerciais como Semperit, Mabor, Uniroyal, entre outras. A composição de um pneu varia consoante as características que o fabricante ou o cliente pretende para o mesmo. A Figura 42 ilustra os componentes gerais que constituem um pneu.

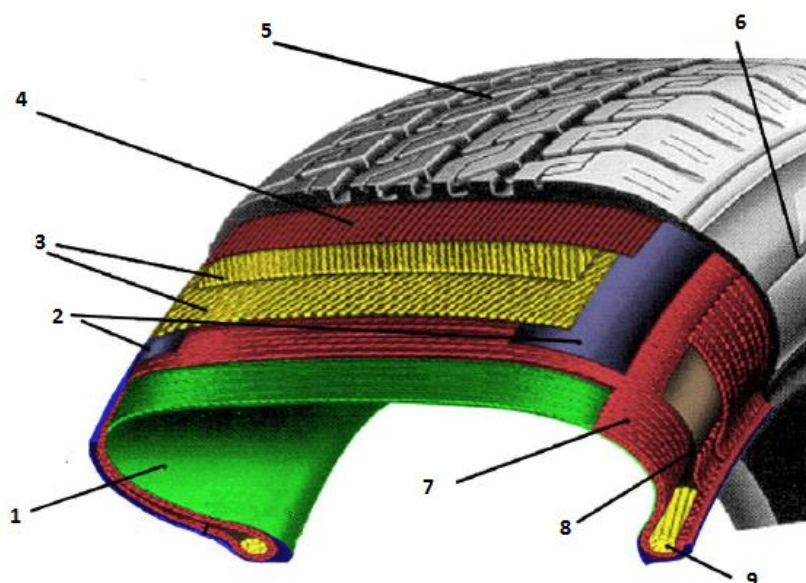


Figura 42: Constituintes gerais de um pneu (Continental, 2008)

De seguida será elaborada uma legenda dos vários constituintes do pneu;

- 1 - A camada estanque, ou camada interna, é responsável pelo armazenamento do ar no interior do pneu. Sendo esta camada de borracha extrudada e com baixa permeabilidade ao ar, substitui a câmara de ar dos pneus antigos;
- 2 - A cinta têxtil é composta por tiras de *nylon* impregnadas com borracha, a qual tem como finalidade a comodidade do pneu para grandes velocidades.
- 3 - O tecido metálico é responsável por manter a forma e a estabilidade direcional, proporcionando a segurança necessária do pneu, mantendo a pressão interna e suportando os impactos e as cargas a que este está sujeito. Este tecido resulta da junção de fios metálicos com borracha calandrada (*breakers*).
- 4 – As tiras de reforço (*cap-ply*⁶) têm como finalidade fortalecer e apertar o pneu para suportar grandes velocidades.

⁶ *Cap ply* – cinta têxtil de *nylon* calandrada de ambos os lados.

- 5 - O piso é o componente do pneu que está em contacto com o solo. Este é subdividido em três partes com três compostos de borracha diferentes. Primeiramente está a capa, que tem como finalidade a aderência ao solo, resistência ao desgaste e estabilidade direcional; em segundo, a base, que tem como finalidade reduzir a resistência ao rolamento e proteger o pneu; por último, o extremo, que faz a ligação do piso com a parede (*wing tip*), formando os ombros do pneu. A ranhura do piso tem como finalidade escoar a água das estradas, mantendo assim o contacto entre o piso do pneu e o piso da estrada.
- 6 - A parede lateral é composta por borracha natural e tem como função a proteção do pneu contra choques laterais, bem como a proteção contra a degradação atmosférica. O ombro é a parte resultante da união do piso com a parede, que é responsável pela resistência do pneu nas curvas.
- 7 - A tela têxtil é quem fornece a consistência ao pneu, funcionando como reforço estrutural. Esta tela é composta por borracha impregnada com tecido têxtil (*nylon, rayon ou polyester*).
- 8 - A cunha é constituída por um perfil de borracha, que tem como função assegurar a precisão e o conforto na condução, bem como a estabilidade direcional do automóvel.
- 9 - O núcleo de talão é constituído por arame de aço revestido com borracha, e tem como finalidade assegurar que o pneu assente com firmeza, permitindo um bom contacto entre o pneu e a jante, evitando perdas de ar neste ponto.

Processo produtivo

Todo este processo não é possível sem uma boa organização por parte da empresa, e por isso o processo produtivo da CMIP está dividido em cinco fases distintas para o desenvolvimento de um pneu, onde cada uma é assegurada pelo departamento em questão, desde a misturação, preparação, construção, vulcanização, até à inspeção. Na Figura 43 pode observar-se o fluxo dos materiais na CMIP.

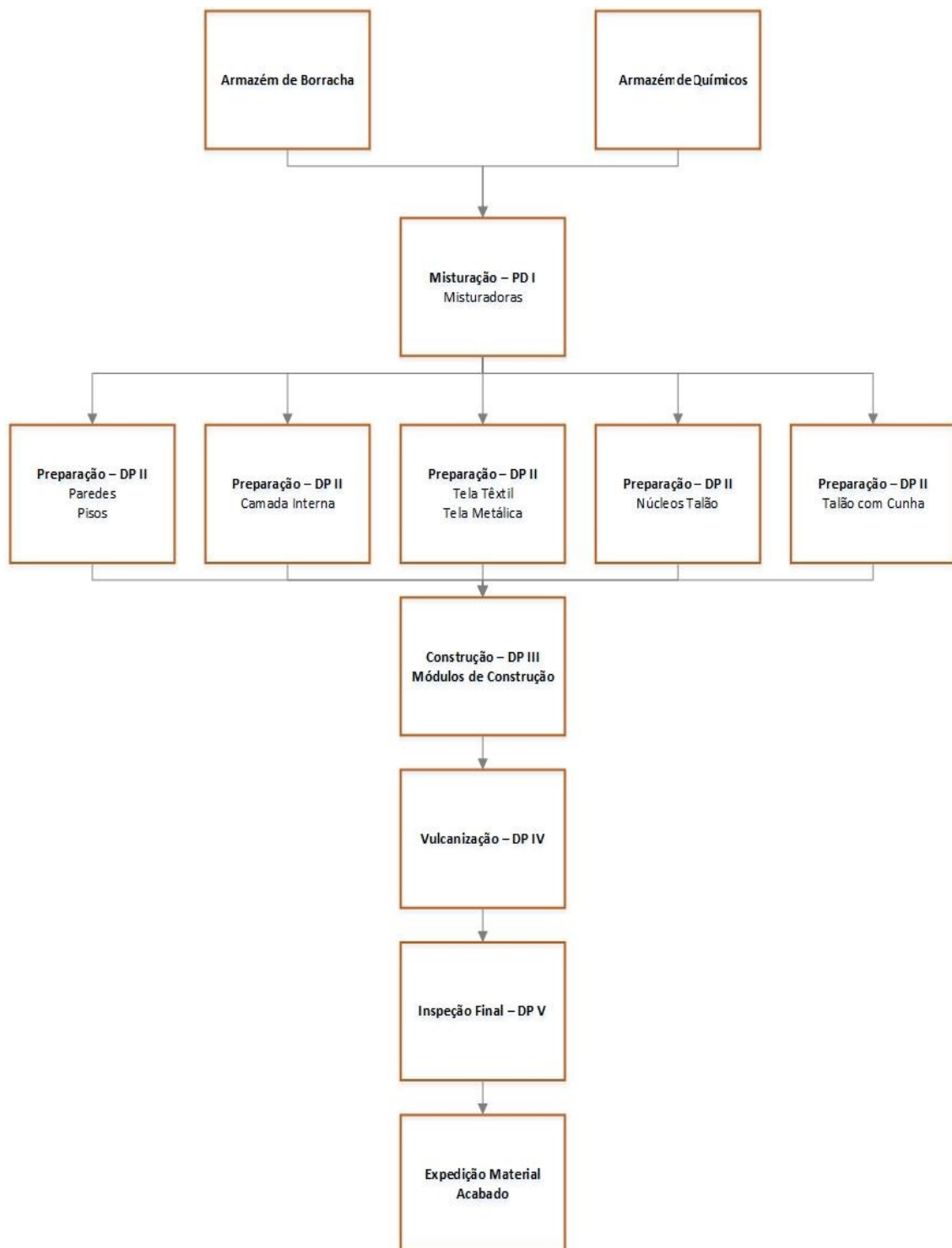


Figura 43: Fluxo dos materiais na CMIP (Mabor, 2016)

A receção das matérias-primas é a primeira fase do fluxo produtivo, na qual existe contato entre o fornecedor e a CMIP. É num armazém que são colocadas as matérias-

primas para o uso posterior no processo produtivo. Antes de estas entrarem no processo produtivo, passam por um sistema de verificação de qualidade para garantir as especificações. O arame, tecido têxtil, corda metálica, óleo mineral, sílica, negro de fumo, entre outros, são alguns exemplos de matérias-primas armazenadas.

A misturação é o início da conceção do pneu, é neste processo que são pesadas e misturadas as matérias-primas, conforme as especificações. Seguidamente, são misturados todos os compostos (borracha, pigmentos, óleo mineral, sílica, negro de fumo, entre outros), para que após a passagem “*master*” (produção de composto intermédio) e “*final*” (produção de composto final), a borracha, devidamente homogeneizada e conforme os requisitos de qualidade, possa ser palatizada em mesas, passando assim à fase seguinte.

A preparação é onde se realiza todo o processo de conceção do composto vindo do processo anterior (misturação) para a realização do pneu. É neste processo que são feitos os talões, bem como os pisos, as paredes do pneu, a camada estanque e as telas metálica e têxtil. As Apex, extrusoras, calandras e máquinas de corte, são responsáveis pela preparação destes materiais, que através de carros transportadores passam para a fase seguinte.

No processo de construção são montados todos os componentes fabricados na preparação, produzindo assim o “pneu em cru” ou “pneu em verde”. As máquinas responsáveis pela montagem (módulos de construção) designam-se por *Karkasse Maschine* (KM) e *Production Unit* (PU). A máquina KM é responsável pela junção dos materiais: camada interna ou camada estanque, talões, primeira e/ou segunda tela têxtil e as paredes de reforço, resultando no que se designa carcaça. A PU faz a junção da carcaça, proveniente da KM, à tela metálica, tiras de Cap Ply e ao piso. Após o fabrico do pneu em verde, este avança para o processo posterior através de passadeiras transportadoras designadas por *Green Tire Conveyor* (GTC).

É na vulcanização que o pneu é submetido a elevadas temperaturas e pressões, onde os moldes dão o aspeto final ao pneu (ranhuras no piso e marcação da parede lateral). Antes de entrar neste processo, os “pneus em verde” passam pelas máquinas de pintura

que têm como finalidade aplicar um silicone que garante uma boa lubrificação entre o diafragma⁷ e o pneu, garantindo uma maior longevidade do mesmo.

A inspeção (manual, visual e automática) tem como principal objetivo garantir todos os requisitos de qualidade do pneu. Após aprovação dos inspetores, os pneus prosseguem para o armazém de produto acabado, através de um transportador aéreo.

A expedição do produto acabado é o último passo de todo o fluxo, e tem como finalidade a entrega, através de camiões, para o seu destino final, quer seja nacional ou internacional (Mabor, 2016).

Segundo as normas europeias, os pneus têm de ser identificados com uma etiqueta de eficiência onde se pode ver de forma clara e rápida a eficiência de combustível, a aderência em piso molhado e o ruído de rolamento. Esta informação tem como objetivo ajudar o consumidor final na escolha do pneu novo. A Figura 44 demonstra um exemplo da identificação padronizada obrigatória no pneu novo.

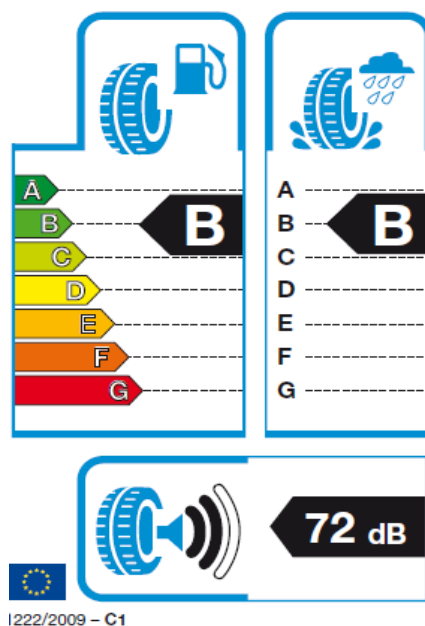


Figura 44: Rótulo de informação padronizada (Mabor, 2016)

⁷ Diafragma - Componente das prensas. Saco elástico no qual através da sua expansão, expande o pneu contra as paredes do molde.

3.2 Caracterização da Apex

Como já foi referido, a secção das Apex encontra-se localizada no DP II – a preparação. Esta secção é composta por doze máquinas Apex's, existindo cinco gerações de máquinas. A primeira geração são as máquinas mais antigas, as Apex's 1, 2, 3 e 4; a segunda geração as Apex's 5, 7, 8 e 9; a terceira e quarta geração são máquinas vindas de outras unidades fabris e correspondem às Apex's 6 e 11; e a quinta geração, que são as máquinas mais recentes, quer em idade quer em tecnologia, são as Apex's 10 e 12. Ainda no ano de 2017 chegará uma nova Apex, mais automatizada.

3.2.1 Processo produtivo

Uma vez que esta dissertação estuda e aplica diferentes melhorias de uma máquina Apex, importa caracterizar o processo produtivo da mesma, tentando melhorar a compreensão da mesma. Na Figura 45 está representado o fluxograma de trabalho de uma Apex e tem como objetivo exemplificar o fluxo dos materiais na área em questão.

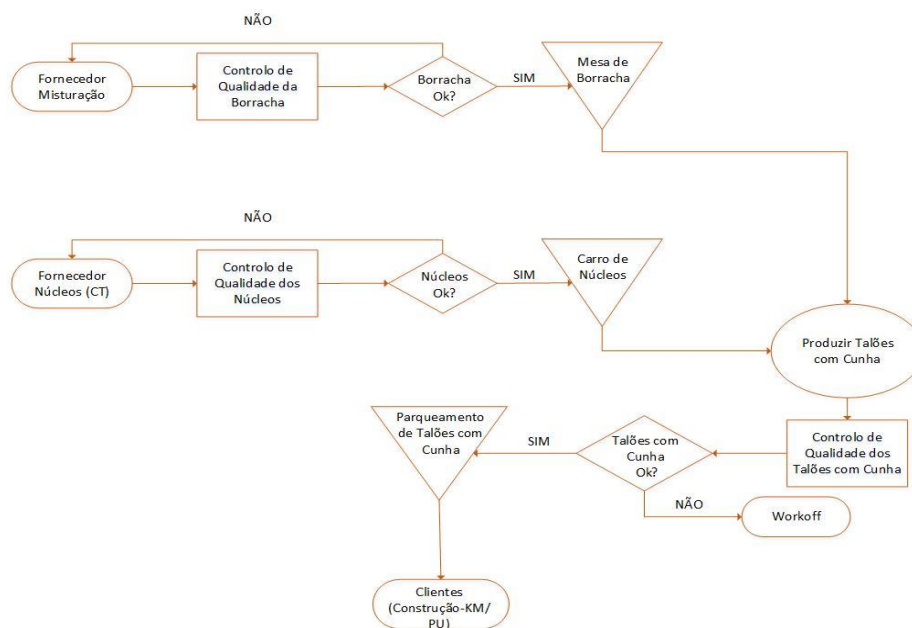


Figura 45: Fluxograma de materiais nas Apex

Para o processo produtivo das Apex é necessária matéria-prima, sendo esta um composto de borracha⁸ (Figura 46) vindo da misturação, e os núcleos de talões provenientes das máquinas construtoras de talões (CT). O composto de borracha pode ter duas designações: tipo A ou tipo B. Se o composto de borracha cumprir com os requisitos de qualidade, este é transportado e depositado no armazém de borracha, sendo então levado por empilhadores para o DP II para ser utilizada pelas Apex.



Figura 46: Exemplo de mesa de composto das Apex

Já os núcleos de talões (Figura 47) podem ter várias designações para a mesma jante, variando o número de arames e o número de voltas de cada talão. A sua identificação é realizada através de um código de cores no próprio núcleo do talão, pois este é de fácil aplicação e leitura. Caso o núcleo de talão cumpra com os requisitos de perímetro, peso, largura, comprimento da emenda e número de voltas, este é armazenado no parque de núcleos. Posteriormente é levado para ser utilizado nas máquinas Apex.



Figura 47: Carro de núcleos de talões

⁸ Composto - Junção de dois ou mais elementos

O processo de produção do conjunto de talão (talões com cunha⁹) é realizado numa máquina Apex. Na Figura 48 pode observar-se a esquematização de uma máquina Apex. Este processo pode ser dividido em quatro subgrupos: processo de extrusão (A), processo de separação (B), processo de corte (C) e processo de aplicação (D e E).

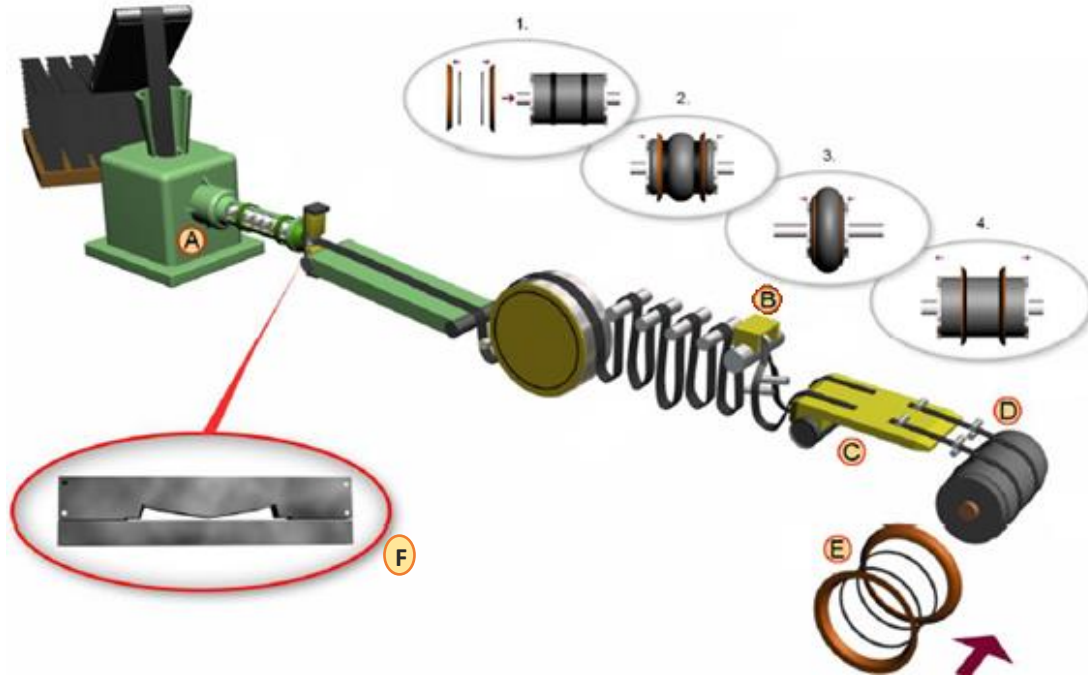


Figura 48: Esquematização de uma máquina Apex (Continental, 2008)

A matéria-prima necessária para o processo de extrusão (A) é o composto de borracha. Este processo faz com que um perfil de cunha dupla previamente definido por uma fieira (F) seja extrudido de forma contínua.

Após a saída do perfil duplo de borracha, este segue por um tambor que se encontra com água tépida, que tem como finalidade aquecer ou arrefecer o conjunto de duas cunhas ainda unidas. Esta operação vai conferir maior estabilidade às cunhas. Seguidamente, continuam para o sistema automático de compensação (*loop's*) que

⁹ Cunha - Peça de composto de borracha extrudida em forma de cunha que, unida ao núcleo do talão, dá origem ao talão com cunha

também aquece ou arrefece o perfil e compensa a cadência de produção da máquina, para que a extrusora trabalhe de forma contínua.

No processo de separação, o perfil (B) é separado em duas metades. O processo de afinação é manual e requer um controlo de qualidade nas duas primeiras cunhas que saem das Apex's.

O processo de corte (C) define o comprimento necessário para cada tipo de jante. A passagem deste processo de corte para o de aplicação é realizada através de dois mecanismos pneumáticos. O processo de aplicação (D) consiste na utilização das duas cunhas num diafragma, no qual é necessária uma elevada coordenação. Enquanto as cunhas são enroladas no diafragma, o operador tem de aplicar dois núcleos de talões e respetivos separadores de talões num carro com magnéticos. Este carro desloca-se para um outro carro (E) de carregamento de talões e é movido pneumáticamente até ao diafragma. Este coloca os núcleos sobre as cunhas, os respetivos separadores nas extremidades e o diafragma é insuflado e começa a rodar. É então que um veio o obriga a estreitar, aumentando a secção na zona central, modificando a sua forma. Como consequência, a força exercida faz com que a cunha envolva parcialmente o talão (dois lados), adquirindo a forma do separador de talões. A Figura 48 mostra esta sequência de operações (passos 1, 2, 3 e 4). Após a reposição do diafragma, o operador é responsável pela remoção dos talões com cunha e respetivos separadores, e estes são colocados no carro de transporte para serem armazenados num parque até serem necessários para o processo seguinte.

Através do departamento de qualidade, são definidas especificações que levam o produto à qualidade máxima exigida. Deste modo, os operadores têm de fazer a medição da largura de cada cunha e o respetivo peso antes da aplicação, a largura da emenda e a união da cunha com o talão após aplicação. Se as cunhas cumprirem as especificações de qualidade (Figura 49), estas seguem o seu fluxo normal, sendo armazenadas nos carros. Caso não cumpram estes requisitos, serão identificadas com uma etiqueta de retenção, sendo que o Departamento de Qualidade (DQ) tem a decisão

final sobre o material. Este fica inutilizável para o processo seguinte. Pode observar-se um exemplo de uma etiqueta de retenção na Figura 50.



Figura 49: Talão com cunha e respetivo separador, conforme especificado

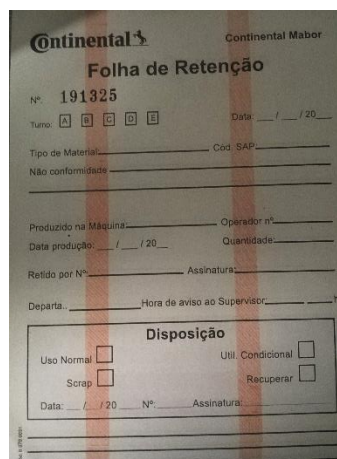


Figura 50: Etiqueta de retenção de material fora do especificado

3.2.2 *Layout* de trabalho

Após toda uma análise do processo produtivo de uma Apex, importa salientar também a área de trabalho do operador (*layout*). O *layout* de trabalho tem como função demonstrar o mapa detalhado dos locais que o operador pode ocupar em modo

automático da máquina, ou em modo manual para uma eventual intervenção (avarias, afinações, substituição de materiais, etc.).

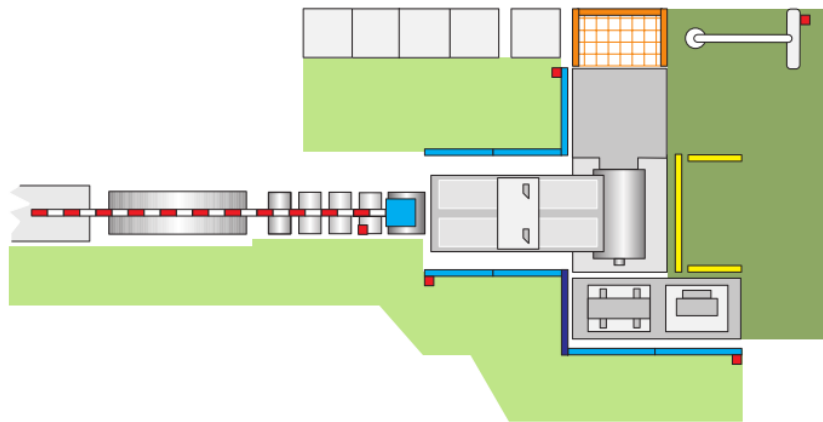


Figura 51: Layout da zona de trabalho de uma Apex (Machinery, 2008)

Na Figura 51, a zona de trabalho de uma Apex durante o funcionamento automático está indicada a verde escuro, enquanto a zona representada a verde mais claro corresponde à área de trabalho em modo manual.

3.2.3 Dispositivos de segurança

Na Figura 51, podem-se observar diversos pontos vermelhos que ilustram os botões de emergência. Este é um dos dispositivos de segurança que é desenvolvido neste ponto. Contudo, na Figura 52 estão apresentados todos os dispositivos de segurança presentes numa máquina Apex.

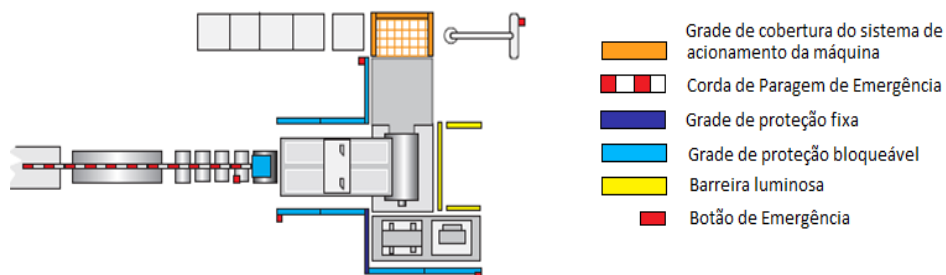


Figura 52: Dispositivos de segurança numa máquina Apex (Machinery, 2008)

O botão de emergência (Figura 53) é um botão de encravamento que, quando premido, só volta à sua posição inicial após rotação da cabeça do botão, evitando assim um arranque inadvertido da máquina.



Figura 53: Exemplo de um botão de emergência

A corda (Figura 54) de paragem de emergência, tal como o nome indica, é uma corda que o operador puxa numa situação de emergência, ativando a função de paragem de emergência.



Figura 54: Corda de segurança

A barreira luminosa (Figura 55) tem como finalidade a proteção do operador durante o processo de produção de talões com cunha, e é acionada quando o operador interrompe as barreiras durante o processo automático da máquina.



Figura 55: Barreiras dispositivos de segurança

Quando acionado um dispositivo de segurança, são ativadas algumas funções de paragem de emergência, sendo que todos os movimentos de processos da máquina param de imediato, o tabuleiro de alimentação sobe, é exibida uma mensagem de avaria no monitor e o botão luminoso *RESET* do painel de comando principal acende. Para anular a função paragem de emergência, basta desencravar ou desimpedir o sistema de segurança e premir o botão luminoso *RESET* que se encontra no painel de comando. A luz deste botão apaga e a máquina fica novamente operacional.

Como proteção do operador para além dos sistemas de segurança, também se pode encontrar na máquina Apex um gradeamento de cobertura do sistema de acionamento da máquina. Esta grade está aparafusada ao piso e tem como finalidade a proteção de pessoas contra contacto accidental com as peças sujeitas a movimento. A grade de proteção só pode ser desapertada e retirada para executar trabalhos de reparação ou manutenção da máquina.

3.2.4 Consumo Energético

Com recurso às fórmulas presentes no capítulo 2, ponto 4, importa então começar a atribuir valores a cada variável relativamente ao consumo energético. Neste sentido, as tabelas seguintes apresentam os valores recolhidos e calculados.

Tabela 8 - Características do cilindro do transportador

Pressão absoluta (P)	6 bar
Diâmetro (\varnothing)	0,04 m
Curso (L)	1,65 m
Nº atuações por hora (n)	250
Tempo funcionamento em avanço	2 h

Tabela 9 - Resultados finais relativos ao cilindro do transportador

Equação		
1	V (m ³)	0,0041
2	V ₀ (m ³ FAD/atuação)	0,0249
3	V ₁ (m ³ FAD/hora)	12,44
-	V ₂ (N·m ³ /hora)	11,44
4	C _{turno} (€)	0,264
5	C _{ano} (€/ano)	287,8
6	CT (€)	0,19
7	CT _{anual} (€/ano)	207,48

Como se pode verificar na tabela anterior, o consumo de ar comprimido no cilindro responsável pelo movimento do transportador representa um valor de 287,80 €/ano, enquanto o consumo elétrico representa 207,48 €/ano, permitindo uma poupança de 80,32 € (diferença entre o consumo anual (equação 7)). Relativamente ao outro cilindro, os valores são apresentados na Tabela 10 e na Tabela 11.

Tabela 10 - Características do cilindro do tabuleiro

Pressão absoluta (P)	6 bar
Diâmetro (∅)	0,1 m
Curso (L)	0,4 m
Nº atuações por hora (n)	250
Tempo funcionamento subida	0,6(6) h
Tempo funcionamento descida	0,5 h

Tabela 11- Resultados finais relativos ao cilindro do tabuleiro

Equação		
1	V (m ³)	0,0063
2	V_0 (m ³ FAD/atuação)	0,0377
3	V_1 (m ³ FAD/hora)	18,85
-	V_2 (Nm ³ /hora)	17,34
4	C_{turno} (€)	0,232
5	C_{ano} (€/ano)	252,90
8	CT (€)	0,19 €
9	CT_{anual} (€/ano)	207,48

Como se pode verificar na tabela anterior, o consumo de ar comprimido no cilindro responsável pelo movimento do tabuleiro representa um valor de 252,90 €/ano, enquanto o consumo energético de um cilindro elétrico é de apenas 207,48 €/ano, permitindo uma poupança de 45,42 €/ano.

3.2.5 Análise Value Stream Mapping

Processo produtivo

Como já referido anteriormente, o processo de construção de talões com cunha divide-se em quatro processos: extrusão, separação do perfil, processo de corte e processos de aplicação. Contudo, a análise incide entre o processo de corte e o processo de aplicação. A máquina em estudo possui um único operador para a realização dos processos. O processo de construção de talões com cunha apresenta uma capacidade de produção média, visto serem necessárias as doze máquinas em funcionamento constante para que a produção se mantenha estável.

A etapa do processo que define o *bottleneck*¹⁰ de produção da máquina é a etapa de remoção do talão com cunha do diafragma, sendo que a velocidade desta etapa varia consoante a destreza do operador, fadiga, motivação, entre outros fatores.

As operações do processo da máquina Apex 3 são apresentadas na tabela seguinte. Neste sentido, é de salientar que há operações que são realizadas em simultâneo, como é o caso do avanço do transportador e o movimento de enformar o diafragma, assim como o recuo do transportador e o deslocamento do carro para o diafragma. Importa destacar os tempos destas operações, conforme descrito na Tabela 12.

Tabela 12 - Tempo médio das operações da máquina Apex 3

Operações da máquina	Tempo (segundos)
Avanço transportador	2,2
Recuo transportador	2,2
Descida do tabuleiro	0,9
Subida do tabuleiro	1,2
Corte do perfil	1,1
Enrolamento do perfil	1,4
Deslocamento do carro para a direita	1,4
Deslocamento do carro para a esquerda	1,3
Enformação do tambor - compressão	1,7
Desenformação do tambor	0,4
Remoção dos núcleos com cunha do tambor	2,0
Total	15,8

¹⁰ *Bottleneck* – é uma designação que limita o desempenho de todo um sistema.

O processo de aplicação da cunha no núcleo de talão inicia-se com o avanço do transportador. Após este chegar à posição avançada, o tabuleiro desce e aplica a cunha no diafragma, enquanto o transporte dos núcleos até ao tambor é realizado pelo carro de carregamento de talões, com o movimento da esquerda para a direita. Já o diafragma de expansão é insuflado após a chegada do carro à sua posição inicial e o último passo é a remoção dos núcleos de talão com cunha. O tempo médio de ciclo de todo o processo é de 7,9 segundos por talão com cunha, sendo que o tempo médio das etapas em simultâneo é de 3,5 segundos. Cada talão demora em média 6,15 segundos a ser processado.

Perturbações

Todas as razões que provoquem uma paragem da máquina e que ocorram de forma inesperada são consideradas perturbações. Para além dos *setups* necessários, o operador tem como função realizar todos os ajustes necessários para as afinações da máquina, de forma a garantir as condições normais de trabalho, bem como o bom funcionamento da mesma. Caso o operador não possua informação ou ferramentas necessárias para a resolução dos problemas, é necessário recorrer a pessoal especializado.

Para este segundo problema, o tempo perdido para a resolução é classificado como tempo de avaria, enquanto para o primeiro caso os ajustes necessários são considerados pela empresa como perturbações. É de salientar que a maioria das perturbações é resolvida pelos operadores da máquina.

Construção do VSM

A construção de um VSM tal como descrito nos referenciais teóricos, tem como principal finalidade a diferenciação dos processos que acrescentam valor ao produto dos que não acrescentam qualquer tipo de valor. Desta forma, torna-se pertinente caracterizar o processo de construção de talões com cunha (Apex).

O processo de aplicação de cunhas divide-se em quatro processos, no entanto são dois os que se destacam neste processo produtivo e que são importantes para a construção do produto: o processo de extrusão e o processo de aplicação. Ambos são analisados individualmente, utilizando os critérios de: tempo de ciclo (TC); tempo de preparação das máquinas (C/O), tamanhos de lote (Lot), tempo disponível da máquina (Avail) e a taxa de utilização da máquina (Uptime).

Os processos explicados anteriormente dizem respeito ao processo de construção de talões (CT's), onde são produzidos os núcleos de talões para serem utilizados nas Apex, e o processo de mistura onde são produzidas as mesas de borracha que abastecem o processo de aplicação de cunhas. Já o processo seguinte é a construção dos pneus, módulo de construção (KM e PU). Deste modo, consoante as necessidades de produtos a fabricar nas máquinas de construção, é realizada uma ordem de produção com as necessidades de cada medida de talões com cunha que é necessário produzir nas Apex. Estas quantidades são calculadas pelo *scheduling*¹¹ e posteriormente entregues em formato digital aos supervisores do turno em questão, estes definem as necessidades de cada Apex e entregam de forma manual aos operadores das respetivas máquinas.

Consoante as necessidades de produção, são enviadas ordens de modo a garantir o correto abastecimento de todos os materiais necessários – mesas de composto e núcleos de talões. A ordem para a produção das mesas de composto é realizada de forma automática, enquanto a ordem de produção de núcleos de talão é realizada pela mesma chefia manualmente e entregue em mãos aos operadores. Os pedidos são realizados por turnos de oito horas, todavia de quatro em quatro horas podem sofrer atualizações. O nível de *stock* de matéria-prima, nomeadamente mesas de composto para abastecimento do processo, é de 14 mesas de composto do tipo A e 14 mesas de composto do tipo B. Uma mesa de composto nova pode pesar 1000 kg. Assim sendo, as 28 mesas de composto (A e B) representam 28000 kg e os núcleos de talões somam um

¹¹ *Scheduling* – Departamento responsável pelo planeamento interno de produção.

stock de 90000 núcleos, o que satisfaz em excesso as necessidades de produção de um turno.

Devido às limitações das máquinas Apex e da destreza dos operadores, a máquina em estudo (Apex 3) tem uma produção diária média de 4000 cunhas/turno. Entre o processo de extrusão e o processo de aplicação existem mecanismos que atuam de forma automática, para transportar o perfil da cunha desde a saída da extrusora até ao local de aplicação. Posteriormente a uma análise efetuada ao processo, verifica-se que o comprimento de perfil da cunha é o equivalente à realização de 22 aplicações em jante 15", o que resulta em 2,43 minutos.

Depois do processo de aplicação, os talões com cunha são removidos pelo operador e armazenados até que o "cliente" seguinte (máquinas de construção) necessite do mesmo. O abastecimento das máquinas de construção é realizado *just in time*. Uma vez que a produção por turno realiza aproximadamente 18000 pneus e cada pneu leva dois talões com cunha, então são necessários 36000 talões com cunha por turno.

O número de operadores necessários no processo de aplicação de cunhas no talão é de um operador por máquina. O tempo de ciclo do processo de extrusão é igual ao tempo de ciclo do processo de aplicação da cunha e este último define a cadência de extrusão de composto pela extrusora, dispondo de um tempo de ciclo de 6,15 segundos por talão com cunha.

O C/O representa o tempo necessário para a realização de mudança de medidas (*setup*). No processo de extrusão (mudança de fieira que define o perfil da cunha) o tempo de preparação é de 10 minutos, e esse tempo reflete-se na aplicação da cunha, porque ambos estão interligados. Verificou-se que em média são realizados quatro *setups* por turno. A produção é realizada por lotes e o tamanho destes é definido pela capacidade que os carros têm para armazenar os talões com cunha, que neste caso são de 220 unidades.

Relativamente ao tempo disponível e à taxa de utilização desta máquina, estes têm valores iguais, uma vez que ambos fazem parte da mesma máquina e que ambos estão intrinsecamente ligados. De facto, se pára o processo de extrusão, também irá parar o

processo de aplicação. A empresa possui um *software* que mostra a capacidade de cada máquina, designado por *Continental Basic Data Acquisition System (CBDAS)*. Analisando este *software*, pode observar-se que a máquina Apex 3 possui uma capacidade de produção de 76%. Assim sendo, o tempo diário disponível da máquina para produção é de 65664 segundos, o que equivale a 18,24 horas. O VSM relativamente ao processo de aplicação de cunhas no talão encontra-se representado na Figura 56.

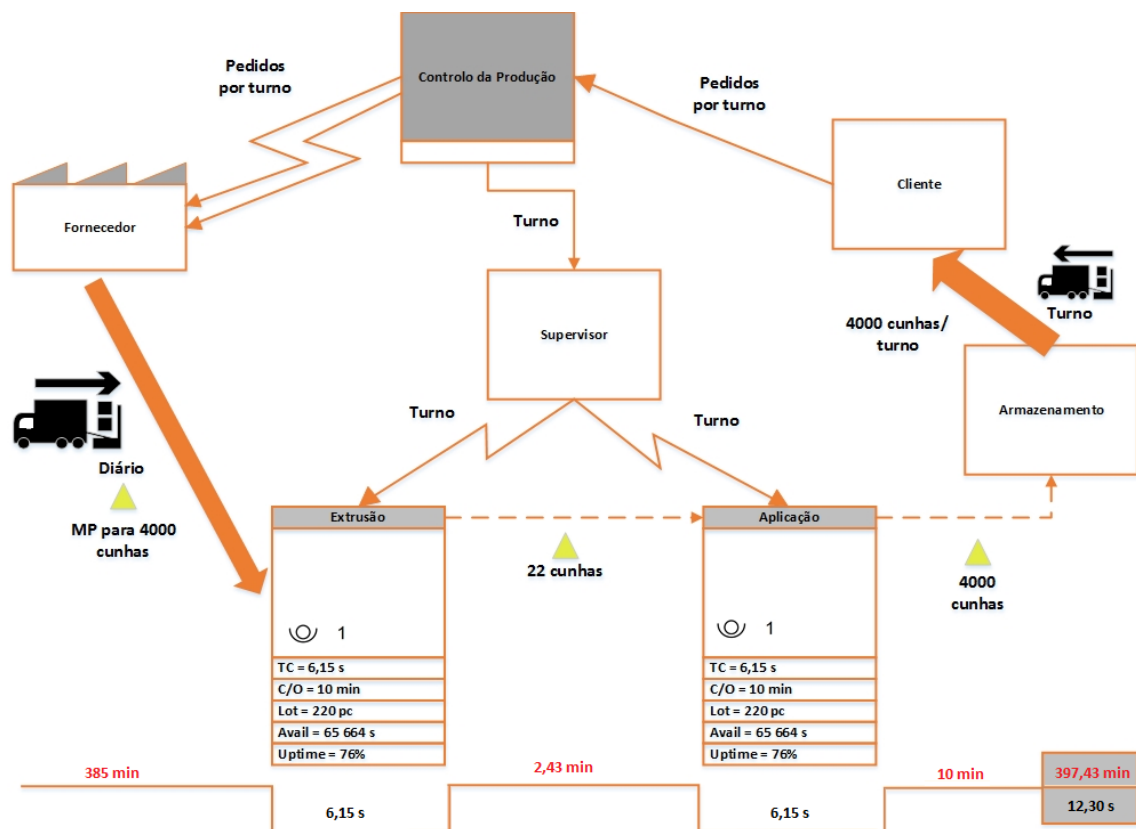


Figura 56: Análise VMS do processo de aplicação de cunha no talão (máquina Apex)

Conclui-se assim que as atividades que acrescentam valor representam um tempo de 12,30 segundos, enquanto as atividades que não acrescentam valor ao produto são de 397,43 minutos (que equivale a 23845,8 segundos). Logo, esta última atividade pode e deve ser analisada e, conseqüentemente, melhorada.

3.2.6 Análise SWOT do equipamento atual

Como análise do equipamento em estudo, a ferramenta SWOT permitiu a indicação e confronto de ideias sobre cada um dos aspetos, como se pode analisar na Tabela 13.

Tabela 13 – Análise SWOT do equipamento

Pontos Fortes	Pontos Fracos	Oportunidades	Ameaças
Tempo de ciclo ajustável	Ajustes manuais	Melhoria contínua	
	Elevado número de avarias	Investimento	
	Fugas de ar		
	Consumo de ar comprimido		
	Desorganização da mesa de trabalho		
	Demora no ajuste da ponte de corte durante <i>setup</i>		
	Dispositivos de segurança desatualizados		

Como se pode verificar na Tabela 13, o ponto forte do equipamento centra-se essencialmente no tempo de ciclo ajustável pois, assim, o tempo de produção pode ser controlado pela necessidade de uma maior ou menor produção. Já os pontos fracos merecem um olhar mais atento no que respeita à sua quantidade e importância de oportunidades de melhoramento. Neste sentido, foram encontrados sete pontos fracos:

- Os ajustes manuais, devido ao facto de não ser um aspeto consistente no dia-a-dia, na medida em que existem muitos componentes de afinação, podendo desta forma afetar os parâmetros de qualidade;

- O elevado número de avarias, que surge pela inconsistência dos ajustes manuais que levam ao desgaste prematuro dos componentes mecânicos;
- As fugas de ar que surgem em todos os componentes pneumáticos, mas estas também acontecem pela quantidade de processos cíclicos que a máquina efetua;
- O consumo de ar comprimido que nestes equipamentos é elevado, devido ao facto de serem 100% pneumáticos;
- A desorganização da mesa de trabalho que pode atrasar a construção do produto pela inconsistência do local de trabalho;
- A demora no ajuste da ponte de corte durante o *setup* surge pela necessidade de automatização para acelerar o processo de *setup*;
- Os dispositivos de segurança desatualizados que também podem colocar em causa a integridade física do operador.

Quanto às oportunidades, pode-se encontrar dois pontos correlacionados que se centram essencialmente na melhoria contínua do equipamento, podendo dar resposta aos pontos fracos encontrados, seja pela automatização de alguns componentes para diminuição dos ajustes manuais e avarias, seja pelo aumento de componentes elétricos que eliminam possíveis problemas relativos a fugas de ar e eliminam o consumo de ar comprimido. Sendo que esta é uma energia cara, cujo consumo pode ser reduzido com a automatização, levando à rentabilização dos custos. Por fim, de momento não existem ameaças a registar a este equipamento.

3.3 Identificação e caracterização dos problemas

Foi realizado um estudo através do programa SAP¹² com vista a determinar quais as avarias mecânicas ou elétricas que acarretaram maior número de ocorrências durante o ano de 2015.

¹² SAP – Software / ferramenta utilizada na gestão fabril.

Tabela 14 – Ocorrência de avarias na Apex 3 durante o ano de 2015

Tipo de avaria	Número de avarias	Tempo (min.)
Acumulador	7	149
Alimentação elétrica geral	22	476
Alimentação elétrica pneumática	19	225
Alimentador de borracha	8	133
Aplicador de cunhas	50	1080
Carro de talões	18	385
Controladores de temperatura	21	260
Extrusora	20	298
Fixador de talões	10	197
Erro no <i>Continental basic data acquisition System (CBDAS)</i>	29	421
PLC	75	1988
Sistema de corte de cunhas	32	799
Sistemas de segurança	4	60
<i>Slitter</i>	29	474
Tabuleiro	34	589
Tambor de arrefecimento	2	50
Tambor de enformação	17	574
Transportador / passadeira	15	394
Total	412	8552

Através da Tabela 14 pode verificar-se que o número total de ocorrências para o ano de 2015 na Apex 3 é de 412 avarias, que totalizam um tempo de 8552 minutos, o qual corresponde a 142,53 horas, sendo que o aplicador de cunhas e o PLC lideram a tabela com 50 e 75 avarias e 1080 e 1988 minutos de tempo perdido, respetivamente. As avarias do aplicador de cunhas têm como justificação:

- Afinação de sensores;
- Substituição do cilindro responsável pelo movimento do transportador;
- Problemas com o movimento do cilindro responsável pelo movimento do transportador;
- Eliminar fugas de ar;
- Substituir rolamentos lineares;
- Retirar e substituir parafusos partidos;
- Conhecimento de folgas para posterior reparação.

A justificação que mais tempo consome para a avaria no aplicador de cunhas é a substituição ou reparação do cilindro responsável pelo movimento do transportador. Neste sentido, foi realizado um estudo em todas as máquinas com o intuito de verificar o número de ocorrências na substituição ou reparação deste mecanismo. O gráfico seguinte demonstra o número exato de avarias nas 12 máquinas.

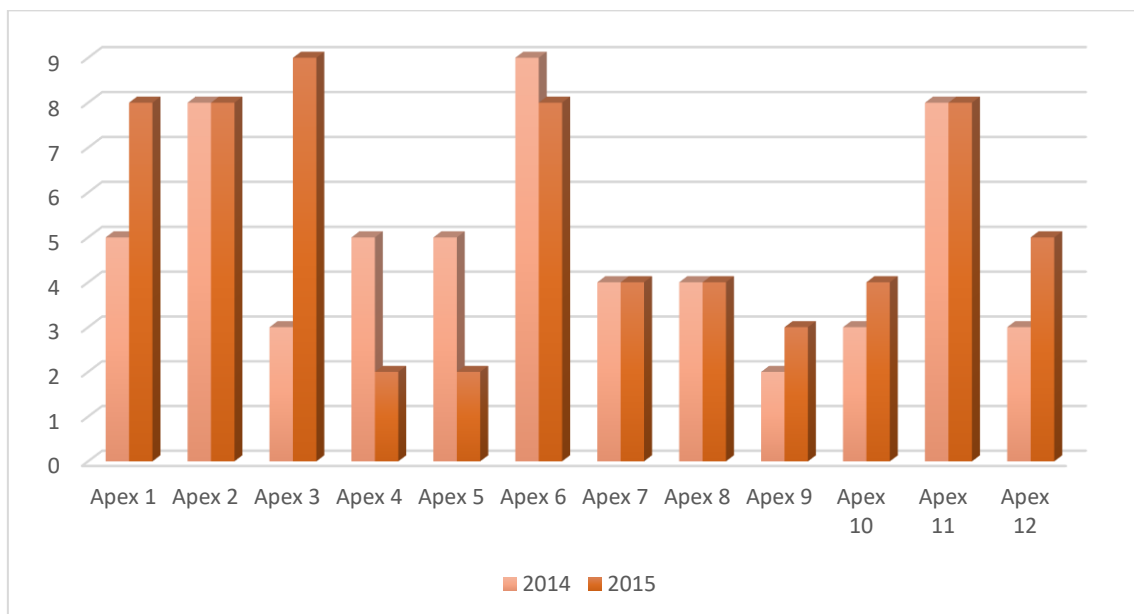


Figura 57: Avarias no cilindro transportador de cunhas

Na Figura 57 pode comprovar-se que o número de avarias tem vindo a aumentar consideravelmente em algumas máquinas, nomeadamente a Apex 1; Apex 3; Apex 9; Apex 10 e a Apex 12, sendo que a Apex 4; Apex 5 e a Apex 6 têm registado um decréscimo no número de avarias pela diminuição do número de setups. Já a Apex 2; Apex 7; Apex 8 e a Apex 11 têm mantido o número de avarias de forma constante.

As possíveis causas para o número de avarias (Figura 58) ter vindo a aumentar são diversas, nomeadamente o volume de produção que tem vindo a subir, o que sobrecarrega as máquinas existentes; o número elevado de variedade de materiais; a complexidade para a realização do produto ser cada vez maior e o elevado número de *setups* que obriga a afinações, provocando avarias no equipamento.

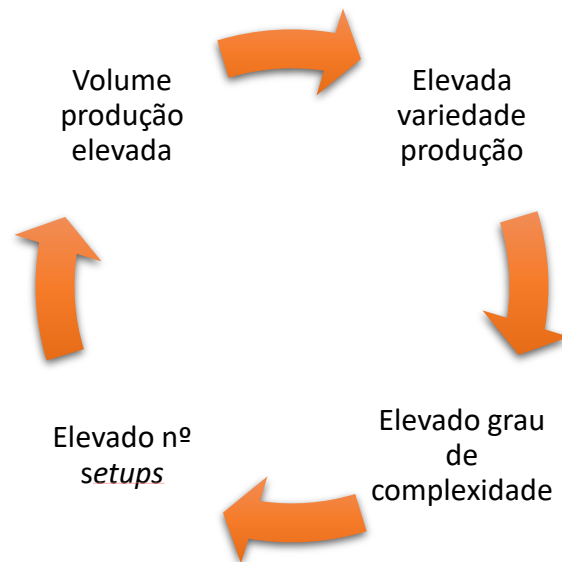


Figura 58: Causas possíveis para o crescimento do número de avarias

Os custos anuais para as 12 máquinas rondaram os 25000 € no ano de 2014 e os 29000 € no ano de 2015, como se pode ver na Figura 59. Neste gráfico estão incorporados os custos com materiais, tempo de paragem de máquina, tempo de operador parado e mão de obra especializada. Os custos com a qualidade não estão englobados devido a este parâmetro ser de difícil controlo, pois é o operador que confere visualmente a aplicação

da cunha e qualquer imperfeição nesta, o operador *scrapa*¹³ o talão com cunha. Com estes valores, conclui-se que há uma urgência na intervenção deste equipamento.

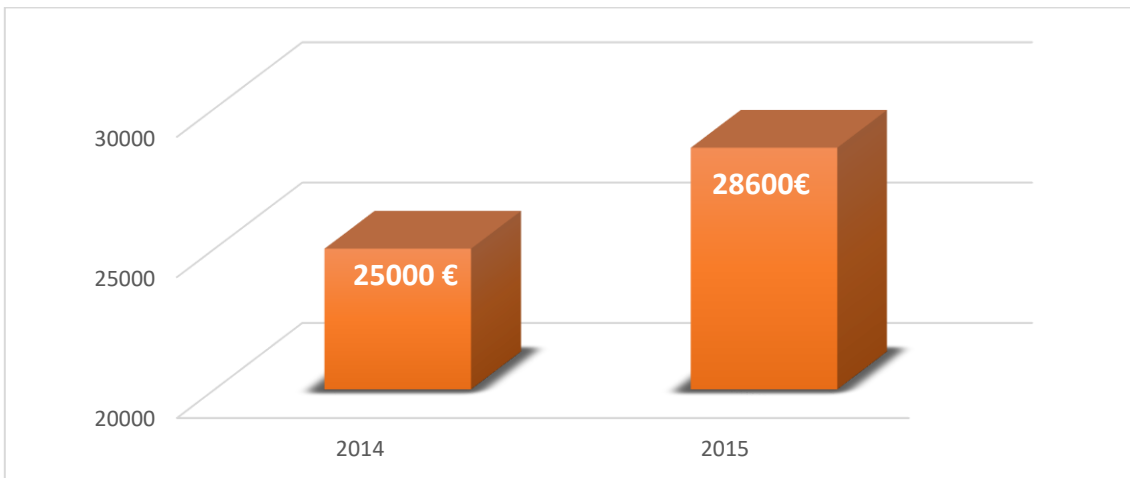


Figura 59: Custos totais com intervenções

As avarias relativamente ao PLC têm como justificação:

- Erros no sistema;
- Falha de comunicação do PLC com o autómato;
- Falha no *LightBus* (fibra ótica).

A falha de comunicação entre equipamentos é quem lidera o tempo e o número de avarias. Depois de uma análise para determinar a causa para este tipo de avaria, conclui-se que a falha de comunicação entre o autómato Siemens e o PLC está nessa origem, sendo a ligação entre eles em *LightBus*. Entre estes dois componentes encontra-se uma carta que converte os *inputs/outputs* em sinais *LightBus*. Tendo esta máquina alguns anos e as atualizações de *software* e *hardware* não terem vindo a acompanhar a natural evolução tecnológica, um *upgrade* total à parte elétrica poderá ser uma solução a curto prazo.

¹³ *Scrapa* – Termo utilizado internamente que significa fragmentar materiais.

Após a análise SWOT e a análise de avarias na Apex 3, foram detetados alguns pontos passíveis de melhoria. Os mesmos podem ser caracterizados da seguinte forma:

1. Cilindro responsável pelo avanço e recuo do transportador – Este proporciona um número elevado de avarias que resulta num avultado gasto anual por parte da empresa (28600 €);
2. Cilindro responsável pela subida e descida do tabuleiro – Este mecanismo não provoca avarias diretas, mas as vibrações causadas por este resultam em folgas e desgaste prematuro dos componentes mecânicos que se encontram no tabuleiro;
3. Melhoria das condições do local de trabalho (5S) – A desorganização da mesa do local de trabalho necessita de intervenção;
4. Automatização do ajuste da ponte de corte – O ajuste é realizado atualmente de forma manual, o que atrasa o *setup* (mudança de tipo de jante);
5. Atualização dos dispositivos de segurança – Este tema surge sempre que se faça um *upgrade* a um equipamento, e é de elevada responsabilidade;
6. Controlo permanente da largura da cunha – Este surge após uma auditoria externa na qual foi detetado um ponto de melhoria urgente nas Apex. A Apex escolhida para a implementação deste controlo foi a 12. Esta é uma máquina muito similar à de estudo, onde todo o processo se assemelha, apresentando como única diferença o tamanho e as medidas passíveis de serem trabalhadas nessa máquina (jante 17” a 22”).

3.3.1 Estudo dos problemas

Movimento do transportador

O movimento do transportador é o primeiro caso de estudo (Figura 60).

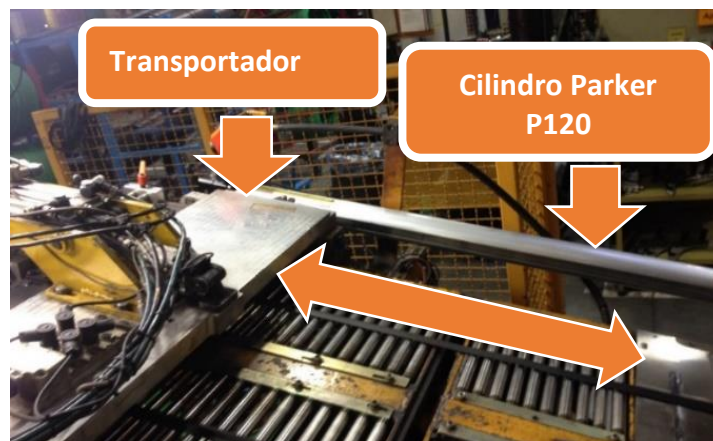


Figura 60: Sistema de transporte de cunha

Para a realização do movimento do transportador, o mecanismo existente é um cilindro de duplo efeito controlado por uma electroválvula MDH -5/2, marca FESTO (Figura 61).



Figura 61: Eletroválvulas responsáveis pelo movimento do transportador

O cilindro é da marca *Parker ORIGA* modelo P120-S/25-40. Este encontra-se fixo à estrutura da máquina e a interação deste com o transportador é realizada através de um mecanismo de ligação incorporado no mesmo (Figura 62).



Figura 62: Ligação do cilindro com o transportador

Este cilindro faz com que o transportador de cunhas se desloque linearmente sobre duas guias cilíndricas (Figura 63).



Figura 63: Guia e amortecedor

Na ponte de corte está fixo um amortecedor marca SALD 1/2"×2P (Figura 63) que tem como finalidade amortecer os impactos provocados pelo recuo do cilindro.

Existem dois sensores indutivos da marca *Ifm Eletronic* (Figura 64) para detetar se o transportador se encontra na posição avançada ou recuada. Estes mesmos sensores servem de posicionamento do cilindro responsável pelo avanço e recuo do transportador.

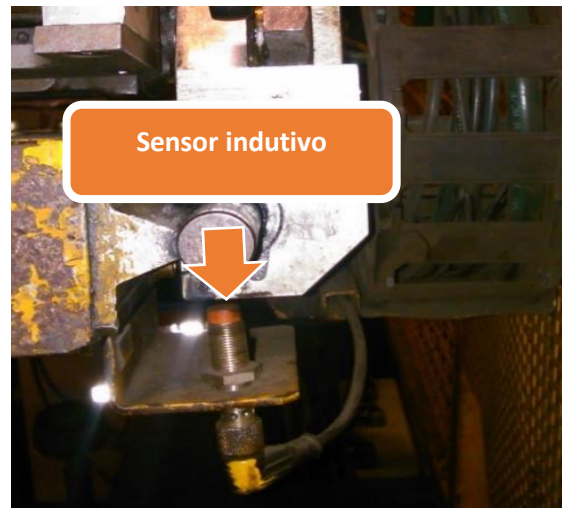


Figura 64: Sensor indutivo

Movimento do tabuleiro

O segundo caso de estudo é o mecanismo responsável pelo movimento do tabuleiro (Figura 65).

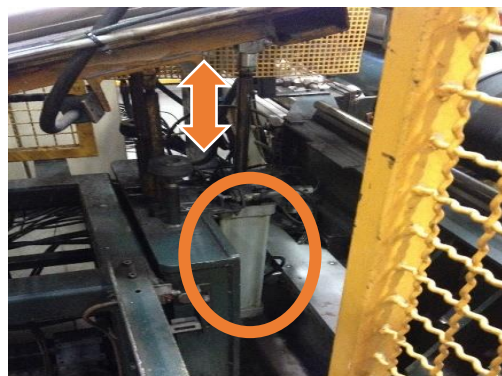


Figura 65: Cilindro responsável pela subida e descida do tabuleiro

Para a realização do movimento ascendente e descendente do tabuleiro encontra-se um cilindro de duplo efeito controlado por uma electroválvula 5/2 da marca Festo (Figura 66).



Figura 66: Eletroválvula responsável pelo movimento do tabuleiro

O cilindro está fixo à estrutura da máquina através de um suporte de fixação, como se pode ver na Figura 67. Este suporte é constituído por três partes. A primeira (1) faz a ligação ao cilindro; a segunda (2) faz a ligação à estrutura da máquina; e a terceira (3) consiste num veio que faz a junção entre as outras duas partes, e permite a rotação do cilindro devido à alteração do ângulo de atuação do tabuleiro.

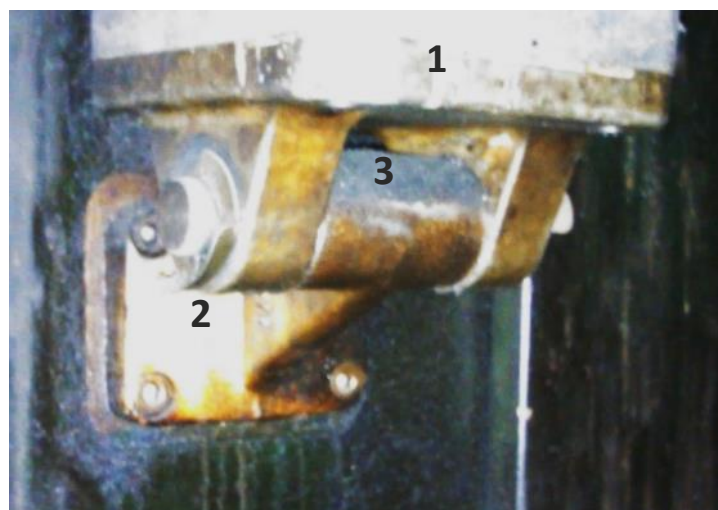


Figura 67: Suporte de fixação do cilindro responsável pela subida e descida do tabuleiro

Organização da mesa de trabalho

Durante a realização deste projeto, decorreu uma intervenção em outras áreas da máquina, nomeadamente na organização da mesa de trabalho (Figura 68) do operador, onde foi aplicada a metodologia 5S. A mesa tem como finalidade o apoio ao operador para que este coloque os talões com cunha e respetivos separadores empilhados, para posterior colocação no carro de armazenamento. Ora se esta área se mantém desorganizada, o operador terá dificuldade em manter um trabalho consistente e eficiente.

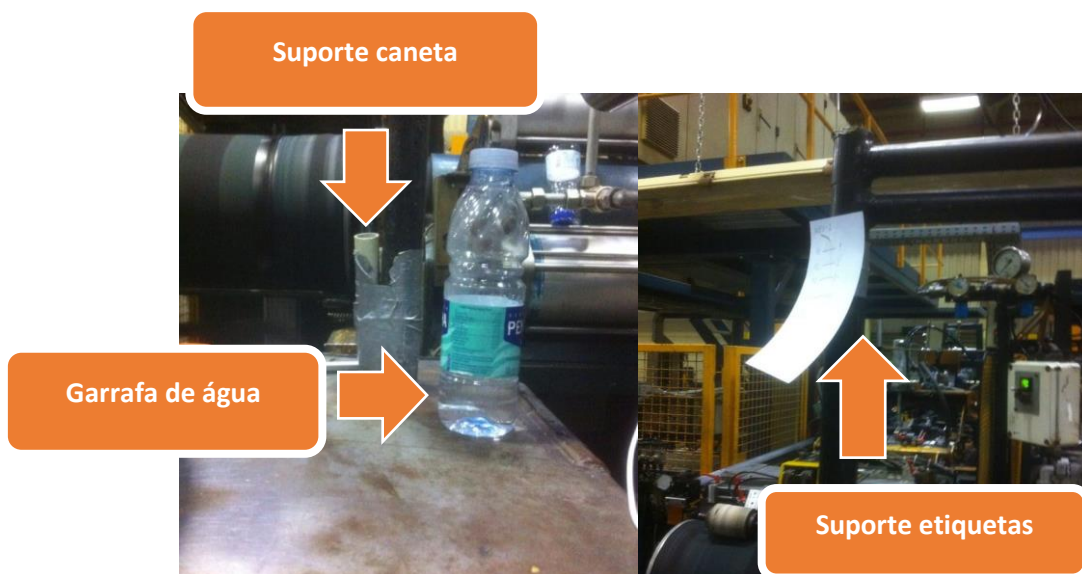


Figura 68: Aspeto de uma mesa de trabalho nas Apex

Como se pode observar na Figura 68, a mesa de trabalho do operador tem um ferro disposto verticalmente que possui um ou mais arames para a colocação das etiquetas de identificação dos carros de talões, e as etiquetas relativas às mesas de composto utilizadas e finalizadas pelo operador. Estas etiquetas nem sempre ficam bem colocadas, o que origina a queda das mesmas no chão, levando à desorganização da área e à instabilidade no processo de fabrico. As etiquetas têm de ser assinadas como forma de verificação do material, o que requer um suporte para uma caneta. A garrafa de água do operador é um bem necessário, todavia também é colocada em cima da mesa de trabalho, podendo desta forma interferir com a colocação dos separadores com cunha.

Automatização da ponte de corte

O controlo do ajuste do comprimento da ponte de corte é realizado através de um botão rotativo com duas posições: para a direita o avanço e para a esquerda o recuo. É através de uma manivela manual na retaguarda do tabuleiro que a ponte de corte desliza sobre este, sendo que o mecanismo responsável pelo movimento é um fuso acoplado a um motor (Figura 69 e Figura 70). A posição é delineada através de ranhuras realizadas no próprio tabuleiro pelos operadores. Esta marca por vezes não é bem visível, o que atrasa o *setup* de ajuste do tabuleiro que é realizado sempre que se efetua uma mudança de tamanho de jante, e provoca também *scrap* nas primeiras duas ou três aplicações, pois o ajuste não é consistente. Com vista a melhorar estes pontos negativos, a automatização deste mecanismo é uma solução viável.

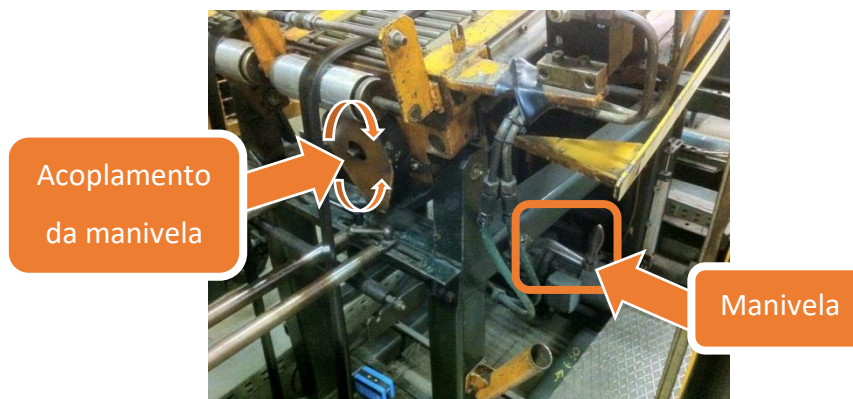


Figura 69: Manivela e acoplamento para ajuste da ponte de corte

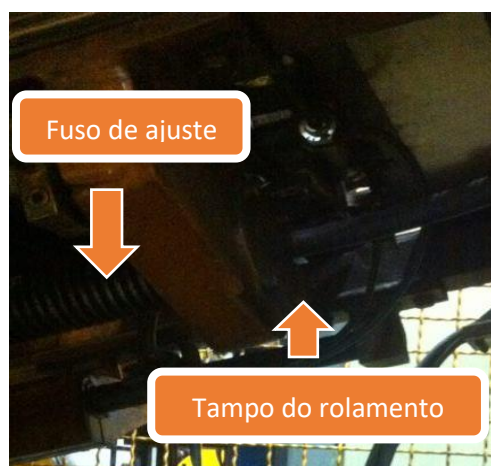


Figura 70: Fuso e tampo

Atualização dos dispositivos de segurança

Tendo em atenção as atualizações já realizadas na máquina para a sua melhoria e qualidade do produto, torna-se agora imprescindível uma atualização dos dispositivos de segurança, de forma a garantir a integridade física do operador.

Controlo permanente da largura da cunha

Durante uma auditoria foi detetada a necessidade de controlo permanente da largura da cunha. Esta só é controlada no início de cada ordem de produção ou no início de cada turno. Para tal, o controlo permanente da largura da cunha torna-se uma melhoria necessária para a qualidade do produto das Apex.

3.4 Requisitos para soluções dos problemas

Movimento do transportador

Para a realização do movimento do transportador, os requisitos necessários são:

- Maior robustez;
- Maior fiabilidade;
- Maior precisão;
- Maior controlo;
- Possibilidade de colocar o sistema em modo manual/automático sempre que for desejável;
- Respeitar normas de segurança;
- Deve ser usado, sempre que possível, material igual ao existente no armazém de sobresselentes;
- Respeitar, no mínimo, o tempo de ciclo existente;

- Utilizar material autorizado pela Continental, consultando o *Machine and Equipment Standard*¹⁴ (MES);
- Dar preferência a uniões aparafusadas, evitando as uniões soldadas.

Movimento do tabuleiro

Para a realização do movimento do tabuleiro, os requisitos necessários são:

- Conjugação velocidade e força (utilização de um fuso);
- Robustez;
- Maior controlo;
- Maior precisão;
- Possibilidade de colocar o sistema em modo manual/automático sempre que for desejável;
- Respeitar normas de segurança;
- Deve ser usado, sempre que possível, material igual ao existente no armazém de sobresselentes;
- Cumprir, no mínimo, com o tempo de ciclo existente;
- Utilizar material autorizado pela Continental, consultando o MES;
- Dar preferência a uniões aparafusadas, evitando as uniões soldadas.

Organização da mesa de trabalho

Para a organização da mesa de trabalho, os requisitos necessários são:

- Local para colocar as etiquetas de identificação dos diferentes materiais (mesas de composto e carros de núcleos);
- Suporte para a caneta;

¹⁴ MES - Ficheiro onde se encontram os requisitos aceitáveis pela Continental para equipamentos ou máquinas.

- Suporte para uma garrafa de água (50 ml);
- Estética;
- Altura ajustável (ergonomia);
- Respeito pelas normas de segurança.

Automatização da ponte de corte

Para a realização da automatização da ponte de corte os requisitos necessários são:

- Maior rapidez no ajuste;
- Possibilidade de ajuste no monitor;
- Possibilidade de colocar o sistema em modo manual/automático sempre que for desejável;
- Respeitar as normas de segurança;
- Deve ser usado, sempre que possível, material igual ao existente no armazém de sobresselentes;
- Utilizar material autorizado pela Continental, consultando o MES.

Atualização dos dispositivos de segurança

Para realizar uma melhoria dos sistemas de segurança os requisitos necessários são:

- Respeitar as normas de segurança;
- Deve ser usado, sempre que possível, material igual ao existente no armazém de sobresselentes;
- Utilizar material autorizado pela Continental, consultando o MES.

Controlo permanente da largura da cunha

Para a realização do controlo permanente da largura da cunha, os requisitos necessários são:

- Respeitar as normas de segurança;

- Deve ser usado, sempre que possível, material igual ao existente no armazém de sobresselentes;
- Dar preferência a uniões aparafusadas, evitando as uniões soldadas;
- Resolução de 0.1 mm no mínimo;
- Largura máxima de leitura (79 mm).

3.5 *Brainstorming*

No sentido de solucionar os problemas inerentes aos dois atuadores pneumáticos, foram elaboradas algumas soluções que pretendiam ir de encontro ao desejado pelos engenheiros de projeto e técnicos de manutenção, já que é importante envolver todos os intervenientes diretos do processo produtivo desta máquina. Para tal, os mesmos foram reunidos para debater as possíveis soluções com vista a melhorar a organização da mesa de trabalho da Apex.

O projeto para automatização do posicionamento da ponte de corte e o controlo da largura da cunha foram elaborados juntamente com os engenheiros de projeto. Já o *upgrade* dos sistemas de segurança foi construído juntamente com os responsáveis do departamento de segurança.

Seguidamente apresentam-se possíveis soluções pensadas e devidamente refletidas, acompanhadas de desenhos elaborados à mão para colmatar os problemas encontrados.

Movimento do transportador

A solução para alterar o atuador pneumático responsável pelo movimento do transportador consiste num sistema servo motorizado com transmissão por correia, uma vez que é pretendida velocidade e precisão neste processo.

É ainda recomendada a alteração das guias lineares cilíndricas existentes por guias lineares com patins de rolos, uma vez que estas apresentam uma redução significativa do atrito, suportam cargas nas quatro direções principais, apresentam grande capacidade de absorção de momentos e grande precisão no deslocamento. Esta substituição só será exequível caso exista disponibilidade da máquina para o *upgrade*, pois esta operação requer um tempo de intervenção significativo.

Solução 1

Esta solução requer a colocação de duas polias ligadas por uma correia acionada por um servomotor que é responsável pelo controlo do equipamento (Figura 71). Aspetos positivos a considerar são a disponibilidade dos materiais que já se encontram em armazém, também, e igualmente positivo é o seu reduzido custo, pelo facto de serem materiais *standard*. Contudo, é um sistema que carece de um grande rigor no alinhamento entre as polias, para evitar o desgaste prematuro dos vários componentes mecânicos.

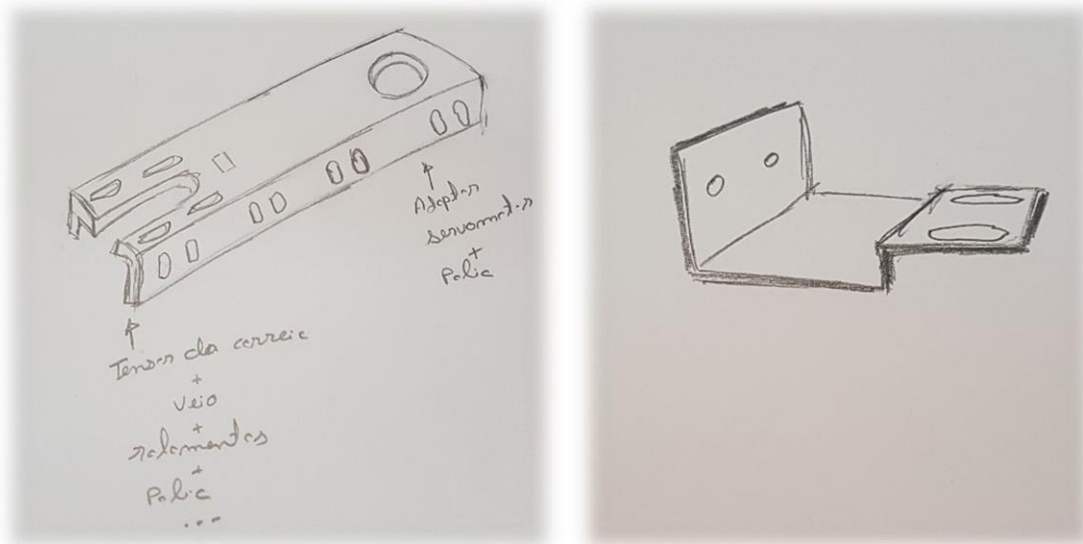


Figura 71: Solução de um sistema servo motorizado

O mecanismo de ligação entre a correia e o transportador é apresentado na imagem seguinte (Figura 72).

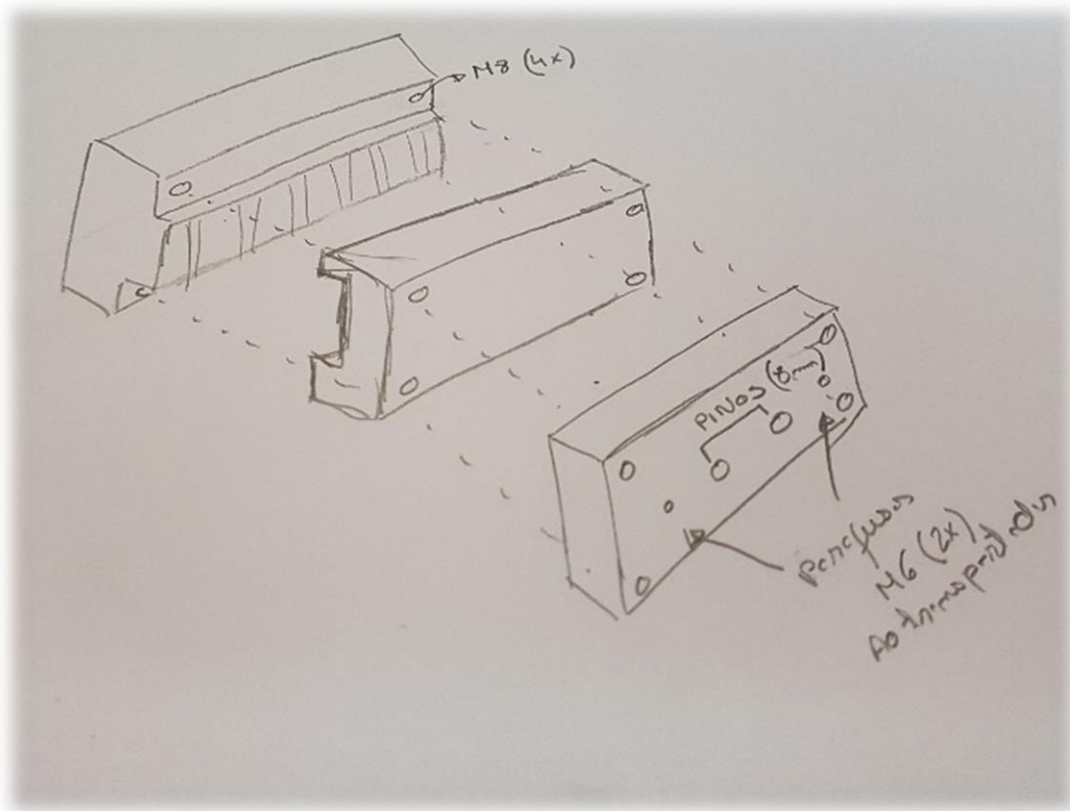


Figura 72: Solução de ligação entre transportador e correia

Solução 2

Uma segunda hipótese baseia-se na aplicação de um módulo linear com transmissão por correia (Figura 73), onde a substituição do mecanismo pneumático existente por este módulo linear com transmissão seria muito mais fácil e rápida (comparado com a solução 1). O preço relativamente à solução 1 e o *stock* necessários são pontos negativos, pois a empresa não possui nenhum equipamento com as dimensões pretendidas em armazém. Em caso de avaria do módulo linear, a possibilidade de reparação pelo pessoal interno é nula, o que requer que haja material para reposição em *stock*.

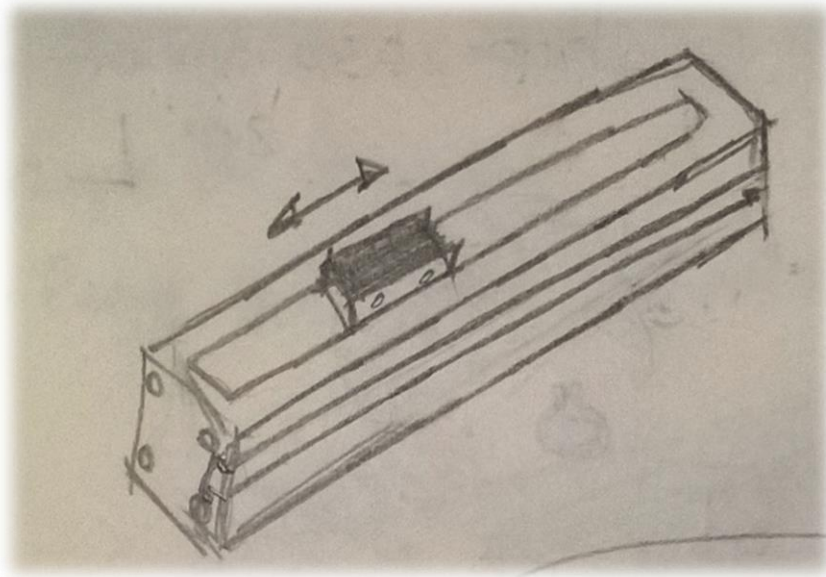


Figura 73: Módulo compacto linear da correia

Movimento do tabuleiro

Para o movimento do tabuleiro foram discutidas três soluções. Estas baseiam-se na alteração do mecanismo pneumático por um sistema servo motorizado. Neste seguimento, importa salientar a importância das cargas elevadas que o mecanismo terá de suportar, pois assim será necessário o uso de componentes com fuso.

Solução 1

Esta solução consiste em encontrar um mecanismo servo motorizado similar a um cilindro (Figura 74), aproveitando e favorecendo assim os componentes de ligação existentes entre o cilindro e o tabuleiro. Uma das soluções apresentadas foi a aplicação de um módulo compacto e servo motorizado. Esta é uma solução exequível, uma vez que o tempo de paragem de máquina será reduzido e a intervenção necessária também será minorada.

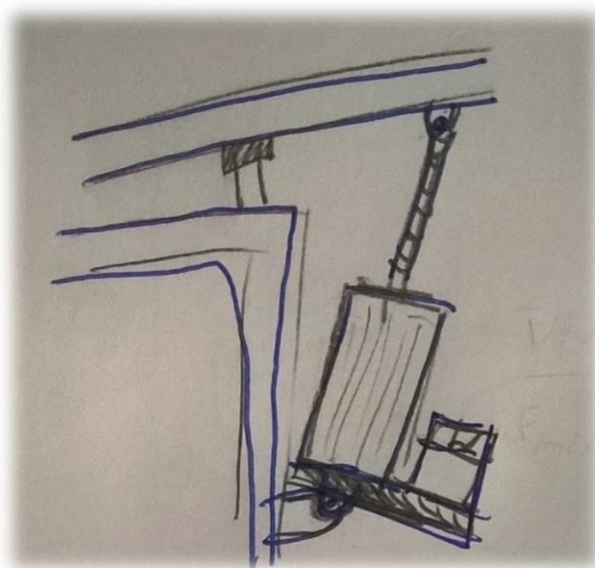


Figura 74: Módulo linear do fuso, similar a um cilindro

Solução 2

Esta é uma alternativa à primeira solução, visto que ambos são módulos lineares e com o mesmo princípio de funcionamento. Porém, o mecanismo da solução 2 tem a desvantagem de necessitar de componentes extra, nomeadamente a barra de ligação entre ambos e os acessórios de ligação entre o módulo e a barra, e entre o tabuleiro e a barra (Figura 75).

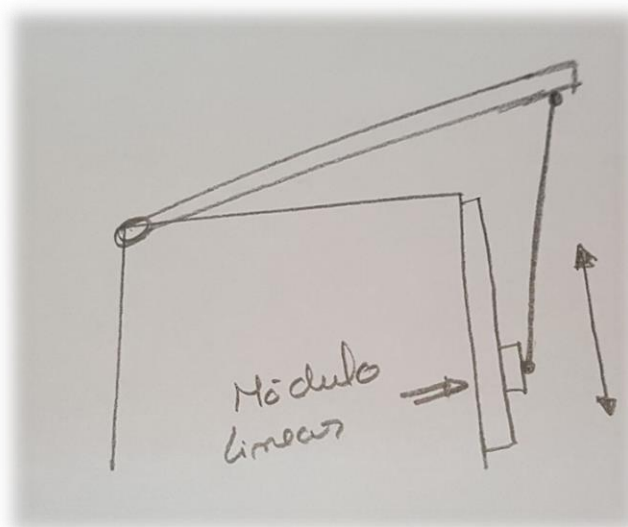


Figura 75: Módulo linear do fuso

Solução 3

Esta solução (Figura 76) é mais complexa, uma vez que os componentes são comprados individualmente para posterior montagem. Tem a desvantagem de o fabrico ser mais moroso e de grande rigor, o que resulta num maior custo.

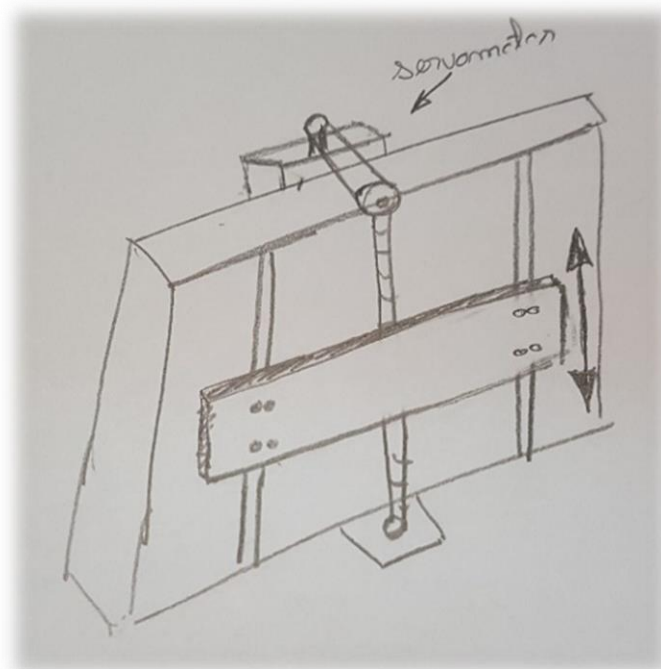


Figura 76: Fuso com gaiola de esferas e guias

Organização da mesa de trabalho

Na mesa de trabalho apenas foi apresentada uma solução, que permite uma maior organização.

Solução 1

Na Figura 77 pode-se observar um suporte que foi o único idealizado para a organização da mesa de trabalho da Apex. A sua estética é agradável para quem o vê e para quem o usa, tornando-se prático para a colocação das etiquetas, caneta e até a garrafa de água. Este suporte irá proporcionar maior bem-estar no local de trabalho e, conseqüentemente, melhor organização do mesmo. Esta solução não poderá ter arestas vivas, para não interferir com a segurança de quem a utiliza.

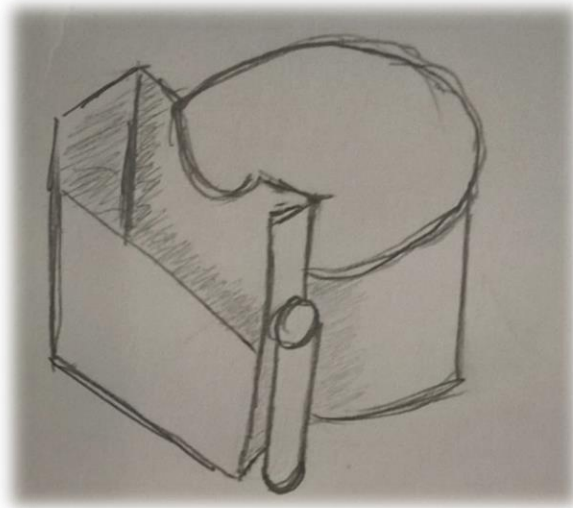


Figura 77: Solução para a organização da mesa de trabalho

Automatização da ponte de corte

Para a automatização da ponte de corte foram discutidas duas soluções. Uma consiste na substituição de um motor DC por um servomotor, e a outra na implementação do acoplamento de um *encoder* no fuso.

Solução 1

A primeira solução em vista foi a troca do atual motor *DC* por um servomotor (motor com *encoder* incorporado). Esta solução é exequível, porém requer que o acoplamento entre ambos seja retificado. O preço do servomotor é elevado, logo é um fator menos positivo.

Solução 2

Outra solução sugere a aplicação de um *encoder* (Figura 78) na extremidade do fuso responsável pelo movimento da ponte de corte. Esta ideia é viável, quer pelo preço, quer pela adaptação do próprio mecanismo.

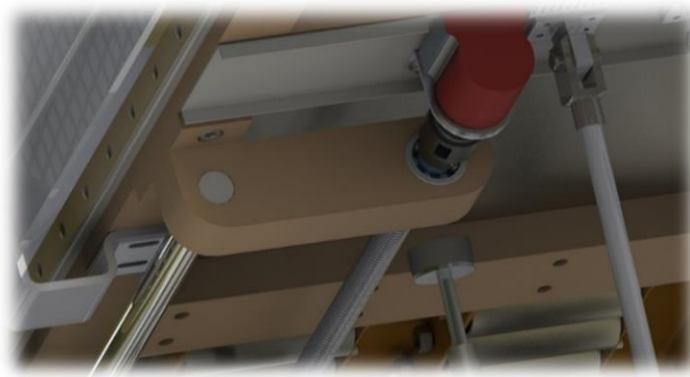


Figura 78: Solução para a ponte de corte com *encoder*

Atualização dos Sistemas de Segurança

Soluções

Na medida em que será efetuada uma intervenção junto da Apex em estudo, torna-se essencial a atualização dos sistemas de segurança. Neste sentido, foi discutido que será importante aumentar o gradeamento de proteção para 2 metros de altura, colocar uma botoneira para a realização do corte em modo manual na parte exterior do gradeamento, colocar uma barreira de segurança na retaguarda do tabuleiro e introduzir um fecho de segurança na porta (Figura 79).

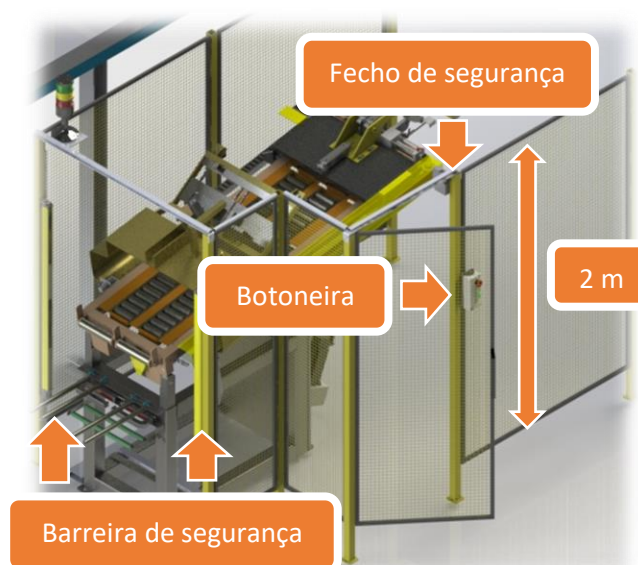


Figura 79: Dispositivos de segurança a incorporar na Apex

Controlo permanente da largura da cunha

Para este problema foi encontrada uma única solução. É uma prioridade da empresa a utilização de mecanismos já existentes na unidade fabril para diminuir a quantidade de material em *stock*. Após uma pesquisa na unidade fabril, encontrou-se um dispositivo - sensor de banda (Figura 80) - que pode controlar permanentemente a largura da cunha e que respeita os requisitos inicialmente propostos, desde a resolução à largura máxima de leitura.

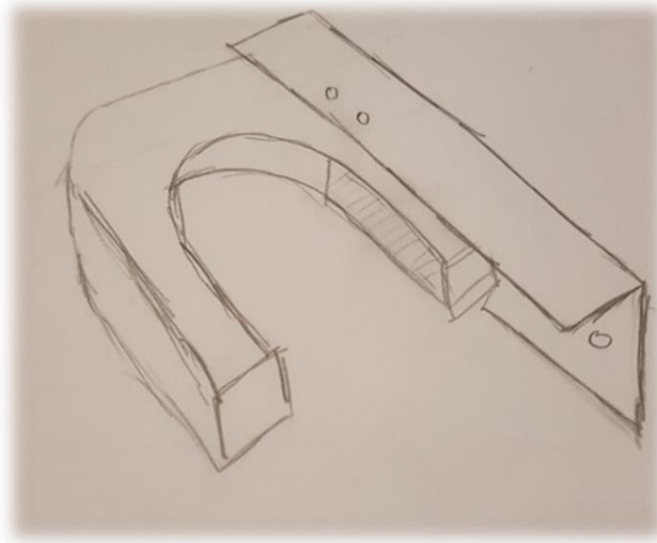


Figura 80: Solução para o controlo da largura da cunha

3.6 Projeto de Soluções Finais

O projeto de soluções finais, como analisado anteriormente, passa por diferentes etapas que determinam a importância de uma reflexão e posterior atuação. Todo este percurso se iniciou com a identificação dos problemas e respetivas soluções. Existiu um *brainstorming* de ideias para compreensão das soluções mais exequíveis. As soluções finais foram validadas pela empresa e, desta forma, procedeu-se à realização dos desenhos finais.

3.6.1 Projetos mecânicos

O projeto mecânico foi o motor de todas as aprendizagens nesta experiência de estágio. É também neste ponto do trabalho que se centram todas as competências e trabalho de equipa adquiridos. Aqui apresentam-se as soluções que se mostraram mais rentáveis e mais promissoras, tanto para a empresa como para este projeto. No anexo I podem ser consultados os desenhos técnicos dos diversos componentes e conjuntos que perfazem este sistema.

Movimento do transportador

Como visto anteriormente e de forma a tornar o projeto mais viável, a solução 1 foi a que recolheu a preferência da empresa. Deste modo, será necessário remover todos os componentes atualmente responsáveis pelo movimento do transportador (cilindro, suportes de fixação, tubos de ar comprimido, eletroválvulas, etc.).

Será necessária a realização de uma estrutura em estaleiro para diminuir o tempo de paragem de máquina e, neste sentido, será necessário criar a estrutura por partes:

- Ponte de ligação da estrutura (Figura 81);
- Suportes de fixação da estrutura ao tabuleiro (Figura 82);
- Componentes mecânicos (polias, servomotor, correia, rolamentos, anel elástico, etc.) (Figura 83).

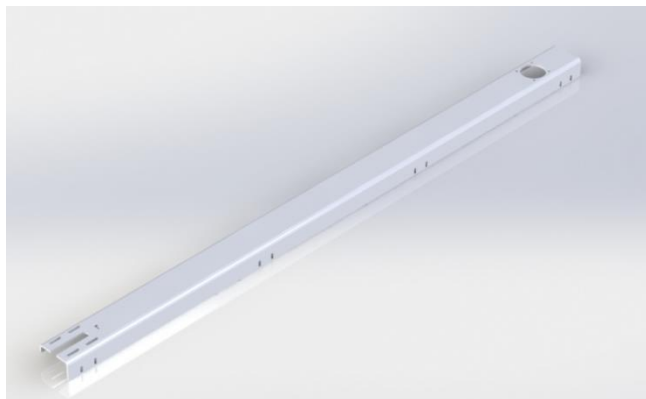


Figura 81: Ponte de ligação da estrutura



Figura 82: Suporte de fixação da estrutura ao tabuleiro



Figura 83: Componentes mecânicos utilizados

A ponte de ligação, bem como os suportes de fixação, são constituídos em aço S235 JR devido a ser um material com resistência mecânica suficiente para as solicitações em causa. A espessura de 6 mm destes componentes é uma garantia para a sua fiabilidade. Existe o cuidado de criar ligações aparafusadas, em detrimento das juntas soldadas, dada a sua característica amovível. Já os componentes mecânicos são materiais normalizados. O veio, não sendo um componente normalizado, tem de ser fabricado por maquinagem e ser constituído por um material capaz de suportar as cargas aplicadas. O material selecionado foi o aço C45E, pois as suas características mecânicas são suficientes para suportar as forças a que está sujeito. O custo para esta opção não foi um dos aspetos mais valorizados.

Descrição detalhada do funcionamento

Este sistema servo motorizado tem um deslocamento linear. O servomotor é responsável pelo movimento (avanço e recuo) da correia, a qual promove o deslocamento do transportador (avanço e recuo). A transmissão entre a correia e o transportador é realizada através de um acoplamento mecânico (Figura 84 e Figura 85). Este acoplamento divide-se em três partes: duas delas estão solidárias com a correia e a outra está solidária com o transportador. O material selecionado é o aço S235JR, devido a ser um conjunto que não está sujeito a grandes esforços. As ligações entre as três partes serão aparafusadas. A parte responsável pela ligação ao transportador possui dois pinos em aço inoxidável, para evitar que haja vibração e consequente desalinhamento do acoplamento. A chapa de proteção que se encontra a amarelo na Figura 84, tal como o nome indica, é uma chapa que protege os utilizadores do funcionamento da correia.

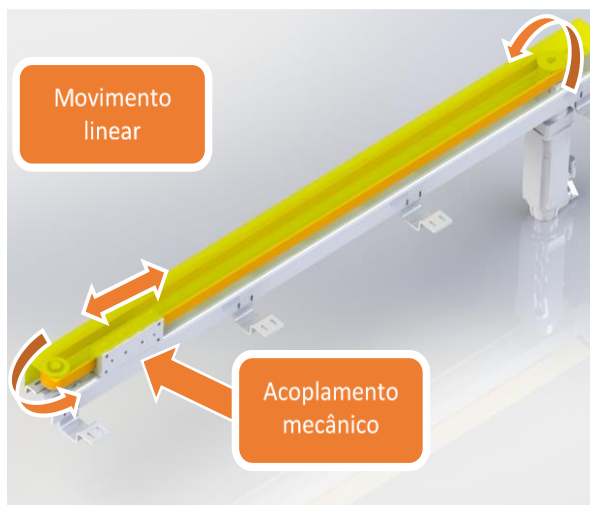


Figura 84: Solução servo motorizada (vista isométrica)

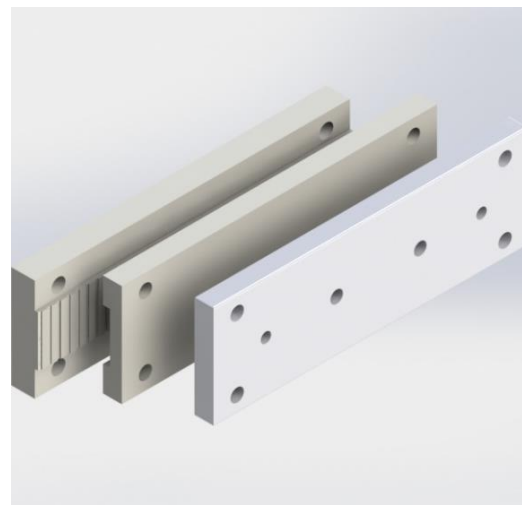


Figura 85: Acoplamento entre a correia e o transportador (vista explodida)

Na Figura 86 é possível visualizar três partes distintas (A, B e C) do sistema tensor da correia. Na primeira, em destaque, pode verificar-se o componente que tem como finalidade colocar o parafuso responsável pelo tensionamento da correia, sendo este componente soldado à ponte de ligação da estrutura. É de salientar o entalhe para posicionar e fixar esse mesmo componente. A parte B é constituída por uma chapa

metálica que está aparafusada a um veio. Esta possui capacidade de deslizamento, permitindo assim ajustar a tensão adequada na correia. A parte C é composta por um veio, possuindo este a particularidade de ter duas faces lisas que servem de posicionamento, evitando ao mesmo tempo a rotação do mesmo.

O material selecionado para os componentes das partes A e B foi o aço S235JR, pois possui as características mecânicas necessárias para suportar os esforços transmitidos pela correia além de possuir um custo reduzido.

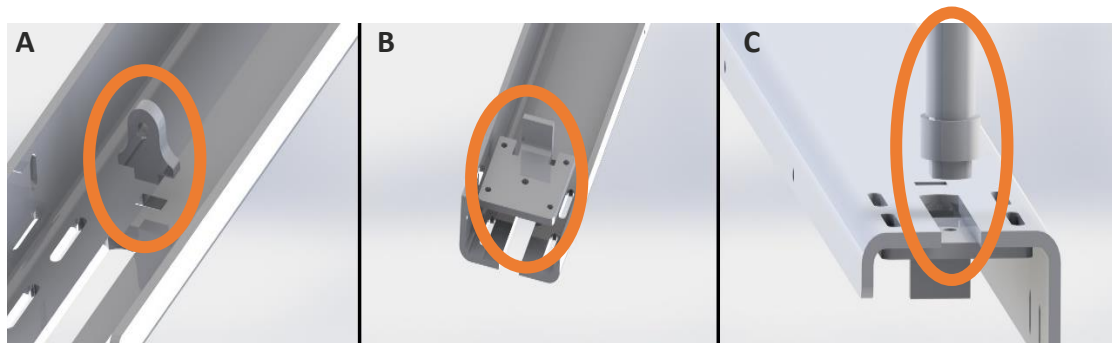


Figura 86: Sistema tensor da correia

Com o sistema pneumático existente, a máquina possuía dois sensores indutivos que faziam o controlo da posição do transportador: avançado ou recuado. No novo sistema, optou-se por manter estes sensores indutivos, mas com uma nova função. Estes funcionam agora como uma proteção adicional elétrica, no caso de existir falha do posicionamento do motor. Caso isto aconteça, estes dois sensores funcionam como limitadores elétricos (Figura 87), sendo que o acionamento de um deles significa que o mecanismo está no limite máximo, obrigando a uma “paragem de emergência” do servomotor responsável pelo movimento. O sensor posterior também serve como referência zero para o posicionamento correto do servomotor.

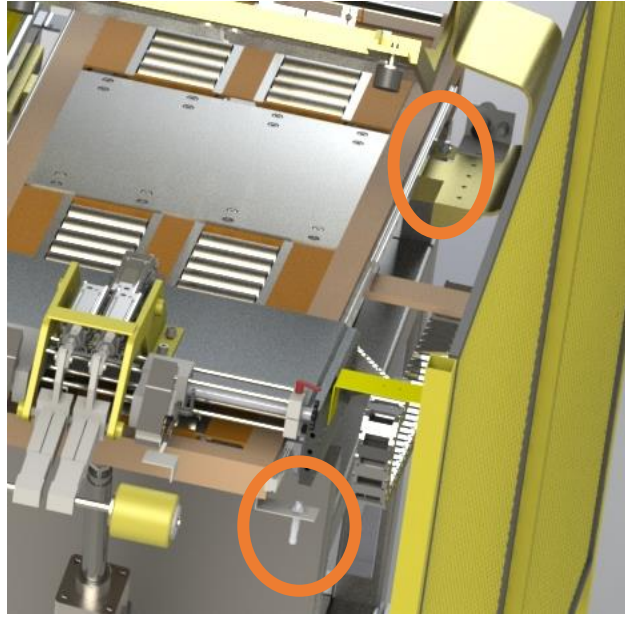


Figura 87: Sensores limitadores elétricos

Em caso de falha simultânea dos dois anteriores sistemas, o que se considera ser pouco provável, será o próprio acoplamento ao transportador que servirá como limitador mecânico no avanço, existindo também um sistema de amortecimento que funciona para o recuo (Figura 88), que permaneceu do sistema pneumático anterior.

Uma vez sugerida e sendo viável, será realizada a substituição das guias lineares cilíndricas existentes por guias lineares com patins de rolos (Figura 89), caso exista disponibilidade da máquina para efetuar tal operação. Assim sendo, será necessário retificar a face onde assenta a guia linear no tabuleiro, evitando assim um mau posicionamento aquando da montagem.

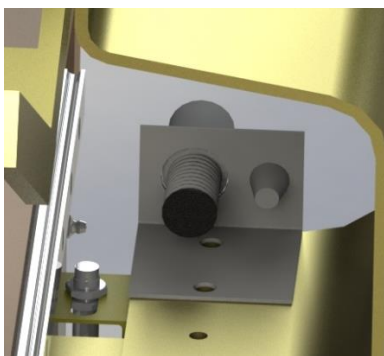


Figura 88: Sistema de amortecimento



Figura 89: Guias lineares com patins de rolos

A solução final, vista em perspectiva, encontra-se apresentada na Figura 90. Esta permite compreender a complexidade do mecanismo e todo o estudo envolto.

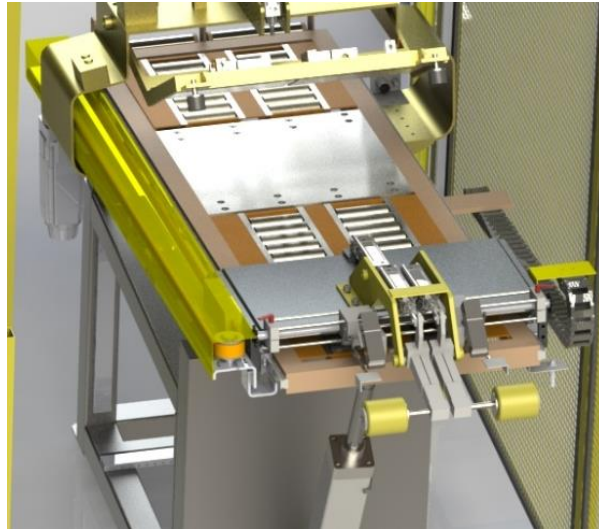


Figura 90: Solução final vista em perspectiva

Movimento do tabuleiro

Para alteração do mecanismo pneumático responsável pelo movimento do tabuleiro, a solução 1 foi a validada pela empresa, uma vez que o tempo de paragem para alterações é crucial no processo produtivo. Deste modo, a substituição do mecanismo pneumático pelo módulo é uma substituição quase direta, pois o componente de fixação superior mantém-se e o inferior já vem incorporado no módulo.

Descrição do funcionamento

Este é um sistema servo motorizado com movimento linear de transmissão por fuso, uma vez que é necessária força acrescida devido ao peso significativo do tabuleiro (Figura 91).



Figura 91: Solução servo motorizada para elevação vista em perspectiva

Este mecanismo é responsável pelos movimentos ascendentes e descendentes do tabuleiro. É sustentado por dois suportes, um inferior e outro superior (Figura 92), e estes são responsáveis pela união entre a máquina e o módulo. O material que será utilizado no suporte superior é o Aço S235JR devido à sua boa relação resistência mecânica vs. preço. O suporte inferior já vem incorporado com a compra do módulo.



Figura 92: Suportes de fixação entre máquina e módulo

Enquanto o posicionamento do mecanismo pneumático é realizado através de dois sensores magnéticos, nesta nova solução esse posicionamento é feito pelo servomotor de forma constante. Do ponto de vista mecânico, o posicionamento máximo fica

limitado pelo curso máximo do fuso, e o limite mínimo por dois batentes (Figura 93) e também pelo limite mínimo do curso do fuso.

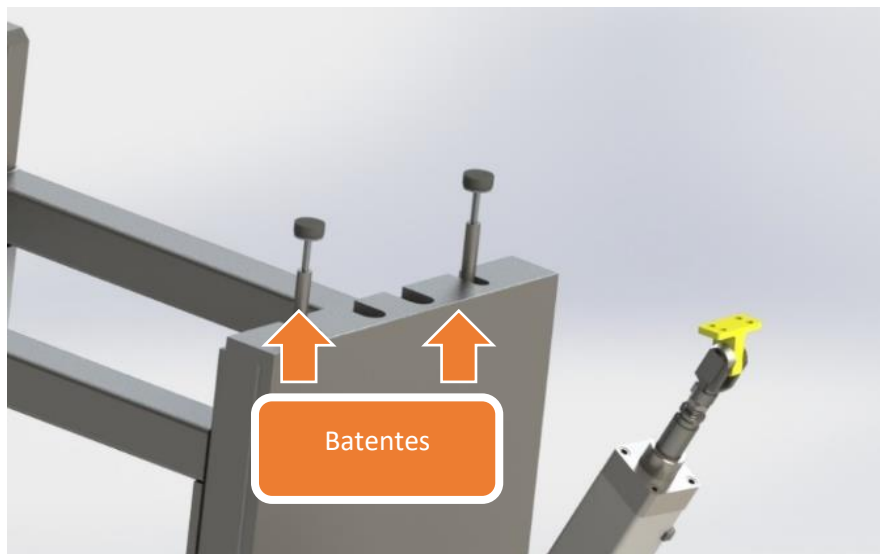


Figura 93: Batentes limitadores

Organização da mesa de trabalho

Como descrito anteriormente, a solução encontrada para o problema da desorganização da mesa de trabalho foi encontrada juntamente com os operadores da área das Apex. A Figura 94 representa a solução encontrada para os problemas de desorganização da garrafa de água, caneta de serviço do operador e para as etiquetas de identificação.

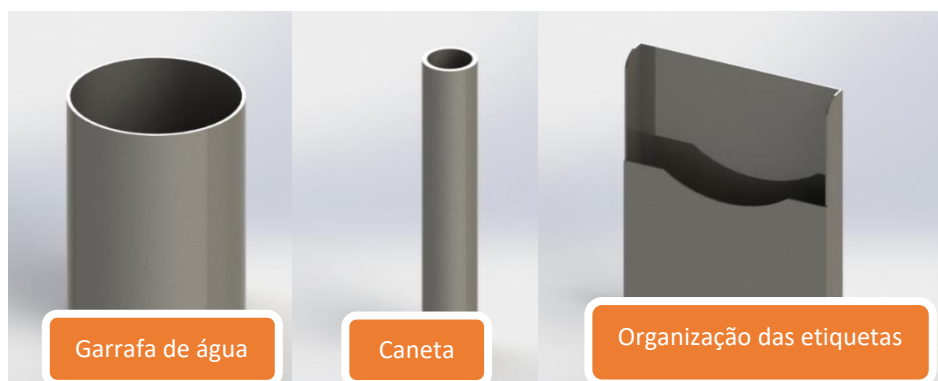


Figura 94: Suportes individuais

O material escolhido para a realização deste suporte foi o aço inoxidável AISI 304L, pois possui boa soldabilidade e tem boa resistência à corrosão, o que o torna ideal para ambientes industriais. A Figura 95 representa a solução final dos três suportes individuais soldados entre si.

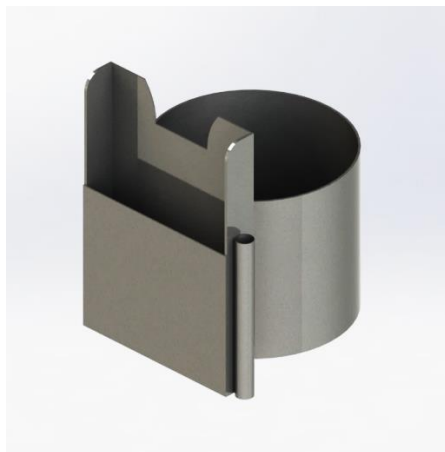


Figura 95: Suporte para a mesa de trabalho das Apex

A união deste suporte com a mesa de trabalho será realizada através de uma abraçadeira metálica para um tubo de $\varnothing 1''$ soldada ao suporte, que permite uma fixação e ajuste mais rápidos (Figura 96).

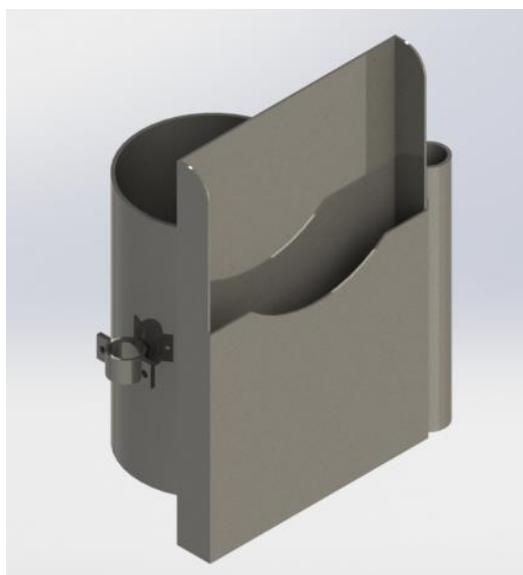


Figura 96: Suporte para a mesa de trabalho das Apex

Automatização da ponte de corte

Para a automatização da ponte de corte foi escolhida a solução 2. Selecionou-se um *encoder* bastante utilizado pela empresa para situações similares (Figura 97).



Figura 97: Encoder CEV-65M (Treletronics, 2012)

Este dispositivo tem como finalidade conhecer exatamente onde se encontra a ponte de corte através da rotação. Sempre que seja pretendido o deslocamento da ponte de corte, o *encoder* fornece a informação ao motor para onde (esquerda ou direita) e a distância que se deve deslocar.

A união entre o fuso e o *encoder* é feita através de um acoplamento elástico (Figura 98). O *encoder* é fixo à estrutura com uma chapa em aço S235JR em forma de L, com uma espessura de 3 mm, que é aparafusada ao *encoder* e à estrutura.

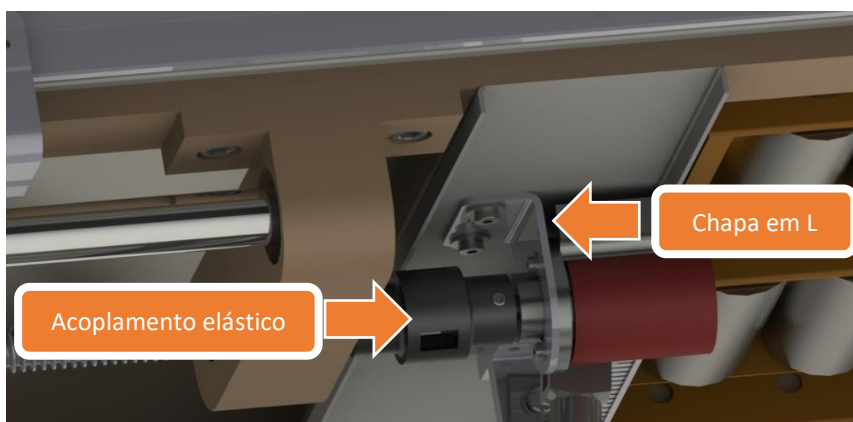


Figura 98: Acoplamento elástico e suporte em L

Atualização dos Sistemas de Segurança

As soluções propostas para o *upgrade* da segurança do equipamento foram aprovadas. Deste modo, o aumento das dimensões da rede de segurança que circunda a máquina tem como objetivo impedir o acesso fácil dos operadores às peças móveis ou quentes da máquina, que são as partes mais perigosas da mesma. A estrutura do gradeamento será composta por tubo quadrado de 20 mm × 20 mm com 1,5 mm de espessura em aço S235JR, material este escolhido por ser o menos dispendioso dos aços estruturais. O gradeamento será em rede com luz de 30 mm × 30 mm, com uma espessura de 3 mm.

A botoneira possui dois botões de pressão, uma luz sinalizadora e um botão de emergência. Um botão tem como finalidade a abertura ou fecho da porta de acesso ao interior da máquina, sendo que este só permite a abertura da mesma quando o equipamento estiver em segurança (modo manual). Quando o fecho de segurança se encontra aberto, a luz sinalizadora acende, permitindo um rápido e eficaz aviso dessa situação. O outro botão de pressão, por se situar distante da zona de atuação das lâminas de corte, tem como objetivo que o operador se encontre em segurança aquando da realização do corte da cunha. O botão de emergência deve ser acionado sempre que ocorrer algum tipo de emergência. A distância entre a máquina e o gradeamento de proteção permite a passagem de um corpo e, neste sentido, existe a necessidade de colocar uma barreira de segurança na parte posterior. Assim, evita-se que alguém passe entre a máquina e o gradeamento em modo automático, pois é uma zona perigosa que pode colocar em causa a integridade física de um trabalhador, devido ao movimento de peças mecânicas e às temperaturas elevadas das lâminas de corte. Caso esta barreira seja interrompida, é acionado o modo de emergência, que como já referido, bloqueia todos os sistemas em movimento do equipamento. O bloqueio de segurança da porta é para evitar que se consiga abrir a mesma sem a máquina estar devidamente em segurança (modo manual). Os dispositivos de segurança podem ser observados na Figura 99.

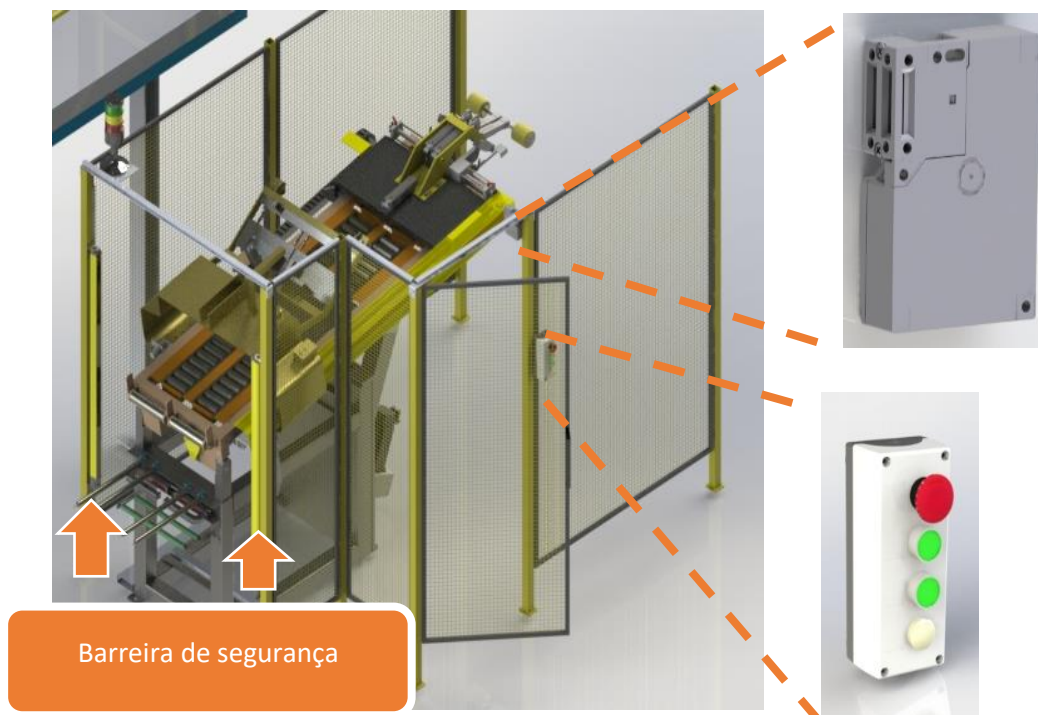
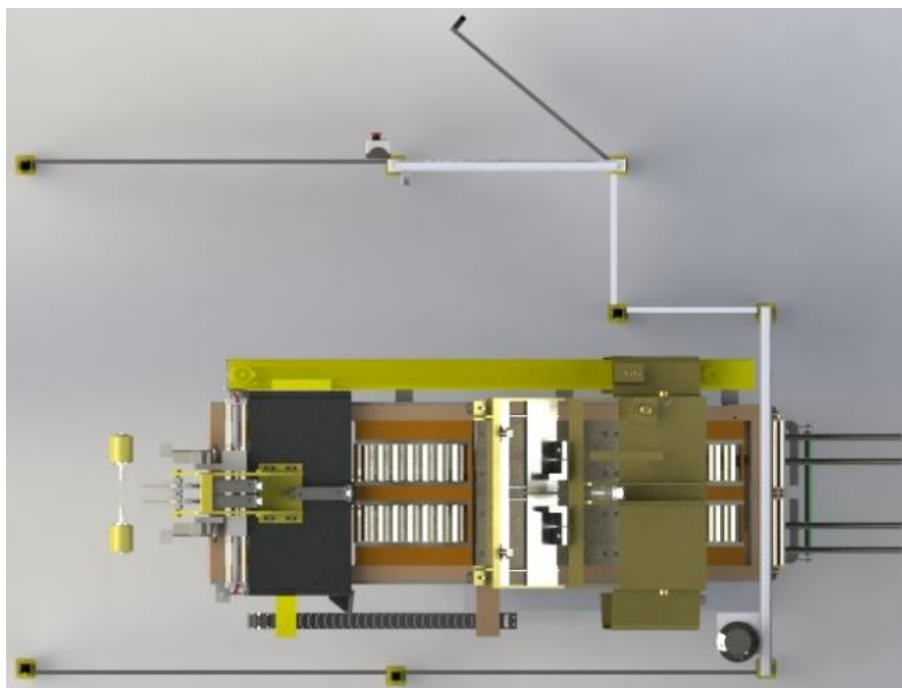


Figura 99: Dispositivos de segurança

Na Figura 100 pode observar-se uma vista do *layout* da rede de segurança.

Figura 100: Dispositivos de segurança (vista superior do *layout*)

Controlo permanente da largura da cunha

O sensor de banda FR 6011 (Figura 101) foi o escolhido, uma vez que este equipamento respeita todos os requisitos inicialmente estipulados para a resolução do problema, desde a largura máxima à resolução de medição.



Figura 101: Sensor de banda FR 6011

Sendo um equipamento já existente, a adaptação é bastante fácil. Deste modo, será necessário criar um suporte para a fixação deste aparelho de medição (Figura 102).

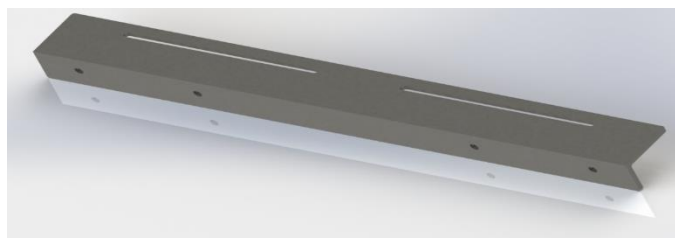


Figura 102: Suporte para o sensor de banda

O material escolhido para o fabrico deste foi mais uma vez o aço S235JR, com 5 mm de espessura, devido às suas características de resistência serem adequados ao esforço para suportar os dois sensores de banda. O sensor é aparafusado ao suporte, que por sua vez é aparafusado à estrutura da máquina. Este sistema tem a particularidade de promover a liberdade do sensor no ajuste horizontal, como demonstra a Figura 103.

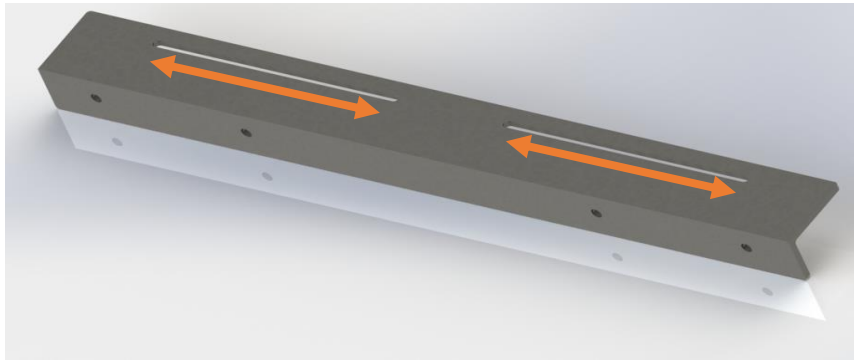


Figura 103: Suporte para o sensor de banda

Na Figura 104 pode-se observar a vista em perspectiva da solução final dos sensores de banda que controlam a largura da cunha. A finalidade do sensor de banda é controlar permanentemente a largura da cunha. Caso esta não esteja de acordo com os parâmetros de qualidade, uma luz vermelha será acesa (Figura 105) e a máquina entra em modo manual, obrigando o operador a retirar o material fora do especificado. Caso a largura da cunha esteja fora do ideal, mas dentro do especificado, uma luz de cor amarela será acesa. Se estiver tudo nas condições ideais, então será acesa a luz verde.

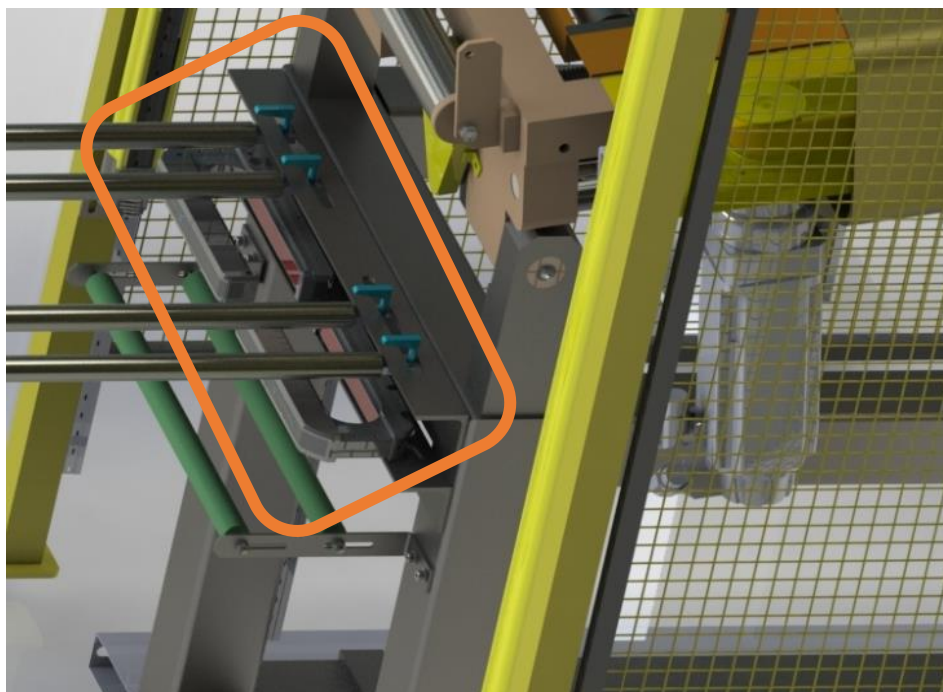


Figura 104: Vista em perspectiva da solução final

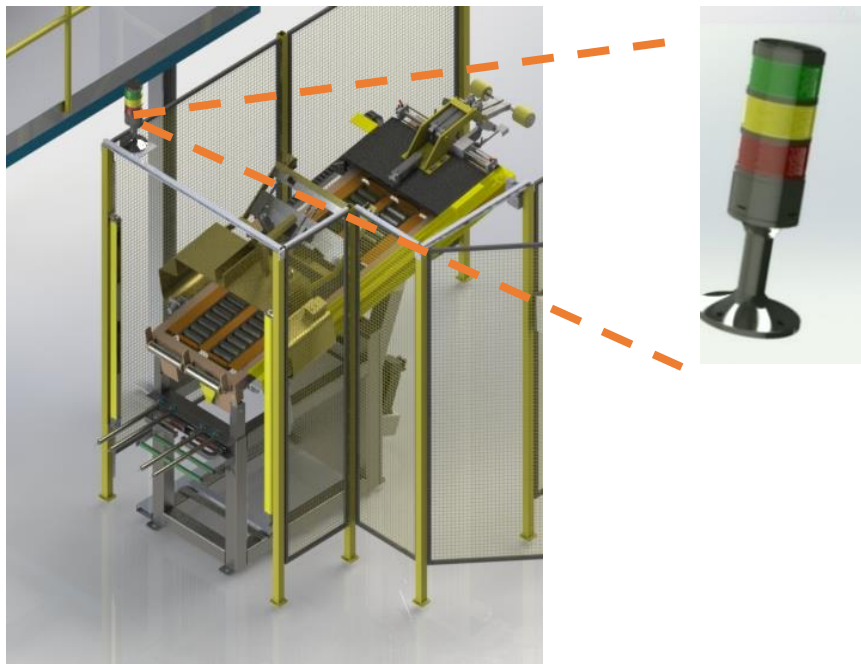


Figura 105: Coluna de sinalização

3.6.2 Controlo/projeto elétrico dos servomotores

A máquina Apex irá possuir dois servomotores, sendo necessário realizar o controlo dos mesmos. Cada um irá ser responsável pelo movimento de um mecanismo, como visto anteriormente. Na Tabela 15 pode observar-se a designação dos servomotores, bem como a sua identificação no *grafcet* (Figura 106).

Tabela 15 - Identificação dos acionadores

Designação	Identificação
Motor transportador	M1
Motor tabuleiro	M2

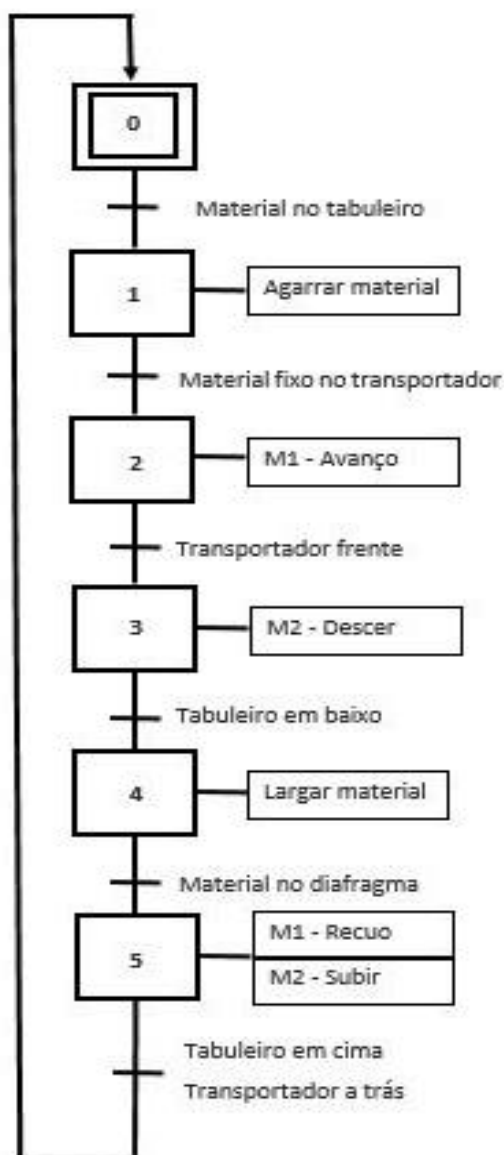


Figura 106: Grafcet dos servomotores

A etapa 0 é iniciada quando a máquina passa para modo automático, sendo que nessa condição o transportador se encontra recuado e o tabuleiro em cima. Deste modo, existindo material no tabuleiro, o transportador agarra o material e dá-se início ao movimento do transportador para a posição avançada. Quando o servo motor atinge o valor de referência no *encoder* interno, inicia-se o movimento de descida do tabuleiro. Após o tabuleiro chegar à posição em baixo, o transportador larga o material no diafragma. Estando o material no diafragma, começam dois movimentos simultâneos

correspondentes à subida do tabuleiro e ao recuo do transportador. Após estes chegarem à sua posição, o ciclo recomeça. É de salientar que em caso de obstrução de alguma barreira de segurança, há uma paragem do movimento e, quando esta for desimpedida, o movimento retoma, fazendo um *reset* ao sistema através do botão de pressão que se encontra no PLC.

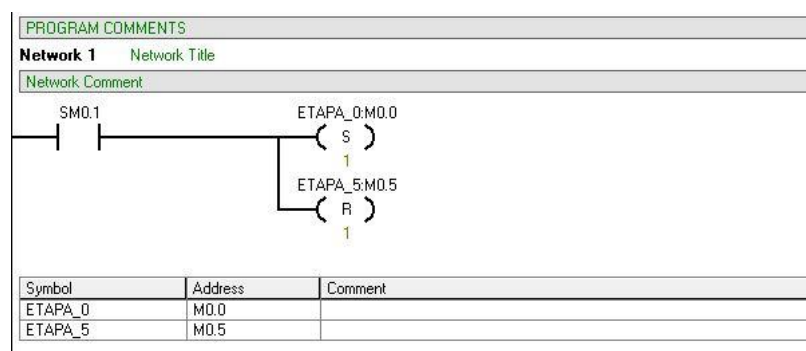
O *ladder* é uma ferramenta bastante utilizada e de linguagem universal que está inerente ao *grafcet*, sendo um auxílio para a programação. Na Tabela 16 poderá observar-se a identificação utilizada para a programação *ladder*.

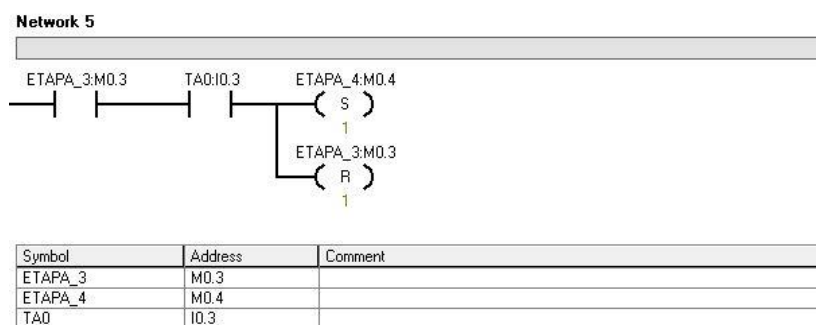
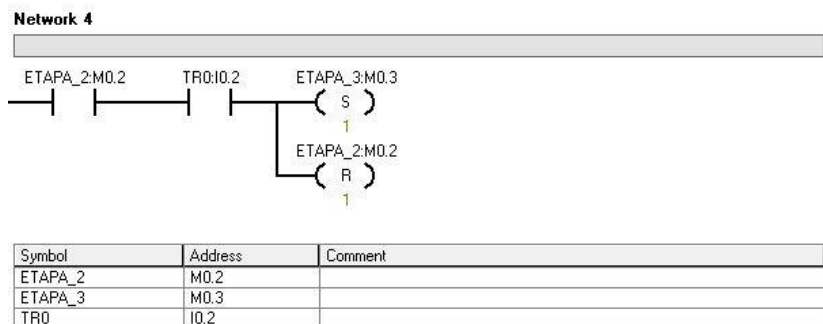
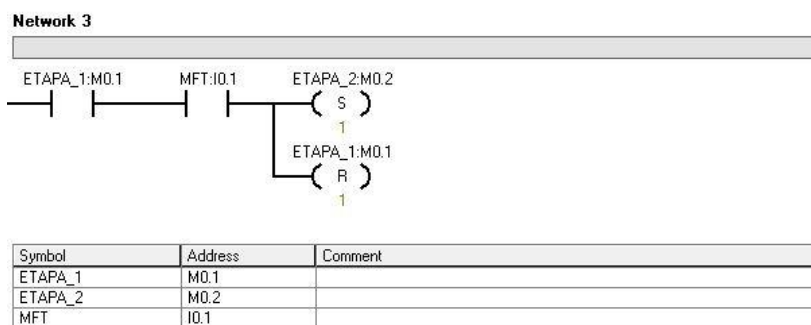
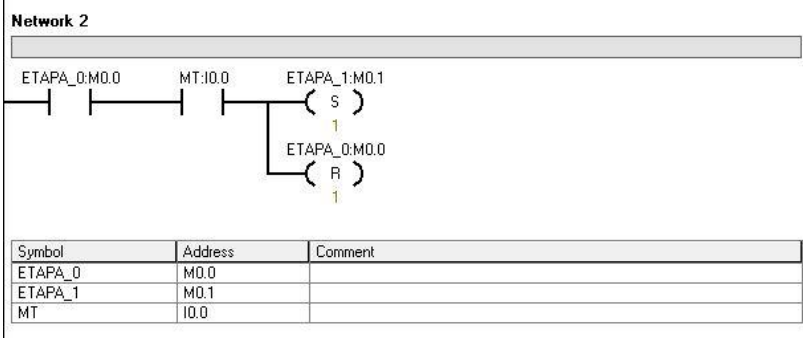
Tabela 16 - Identificação dos acionadores *ladder*

Designação	Abreviatura	Identificação
Etapa 0	-	M0.0
Etapa 1	-	M0.1
Etapa 2	-	M0.2
Etapa 3	-	M0.3
Etapa 4	-	M0.4
Etapa 5	-	M0.5
Entradas do autómato		
Material no tabuleiro	MT	I0.0
Material fixo no transportador	MFT	I0.1
Material no diafragma	MD	I0.6
Transportador posição avançado	TRO	I0.2

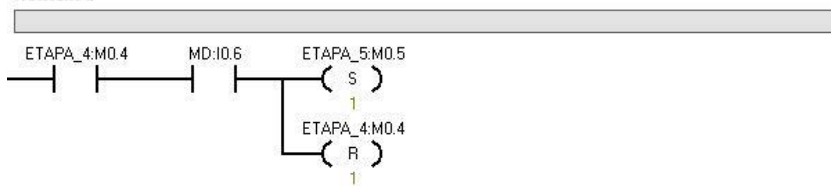
Transportador posição recuado	TR1	I0.4
Tabuleiro posição baixo	TA0	I0.3
Tabuleiro posição cima	TA1	I0.5
Saídas do autómato		
Agarra material	AM	Q0.0
Larga material	LM	Q0.1
Transportador avança	M1	Q0.2
Transportador recua	M3	Q0.4
Tabuleiro desce	M2	Q0.3
Tabuleiro sobe	M4	Q0.5

Deste modo, na Figura 107 encontra-se a programação *ladder* em função do *grafcet* apresentado.



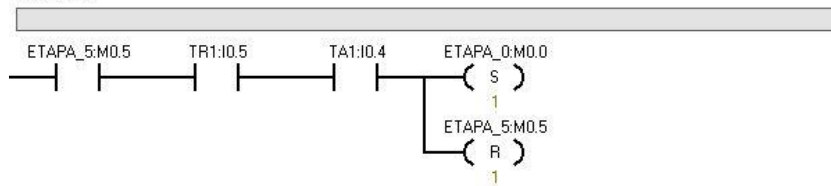


Network 6



Symbol	Address	Comment
ETAPA_4	M0.4	
ETAPA_5	M0.5	
MD	I0.6	

Network 7



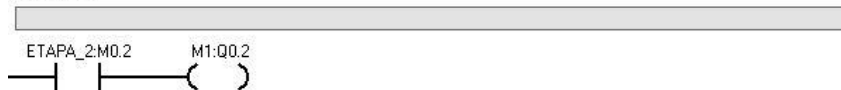
Symbol	Address	Comment
ETAPA_0	M0.0	
ETAPA_5	M0.5	
TA1	I0.4	
TR1	I0.5	

Network 8



Symbol	Address	Comment
AM	Q0.0	
ETAPA_1	M0.1	

Network 9



Symbol	Address	Comment
ETAPA_2	M0.2	
M1	Q0.2	

Network 10



Symbol	Address	Comment
ETAPA_3	M0.3	
M2	Q0.3	

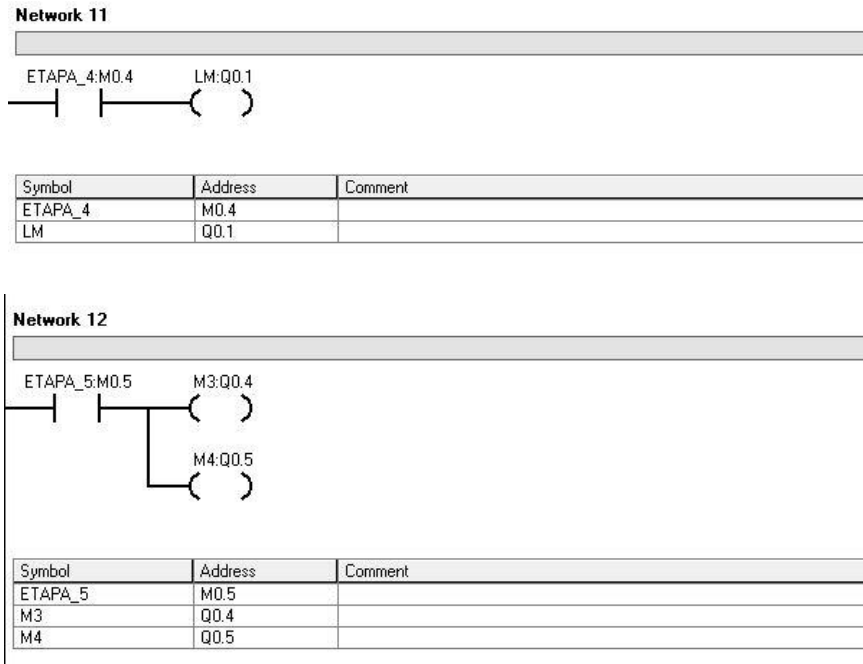


Figura 107: Programação em *ladder* dos movimentos requeridos

Assim, com o *grafcet* e *ladder* é possível demonstrar a seqüência de operação dos dois atuadores servo motorizados. Na Figura 108 pode-se observar através da linha laranja a sucessão de operações do servomotor do transportador e através da linha cinzenta a sucessão de operações do servomotor do tabuleiro.

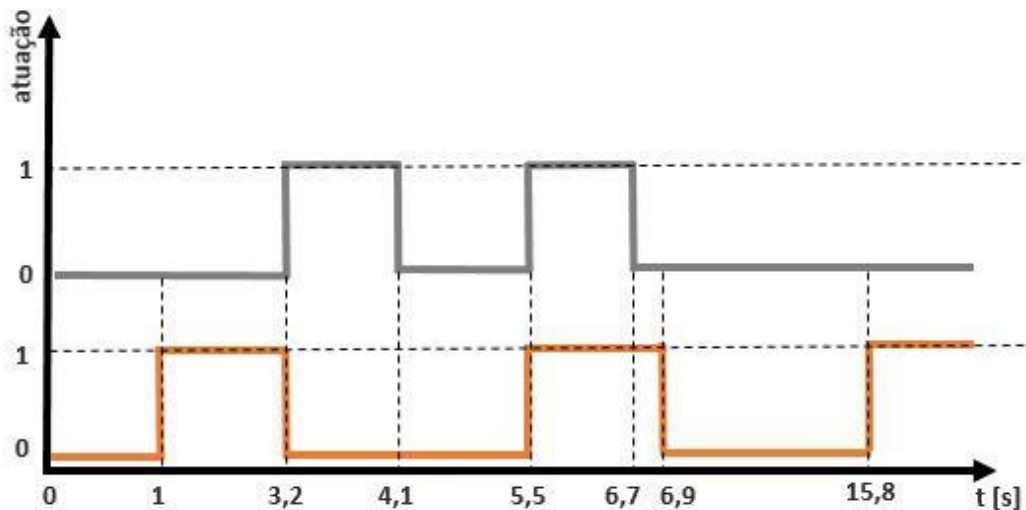


Figura 108: Seqüência de operações (atuação / tempo)

Projetos elétricos

Para a realização deste projeto são necessários equipamentos elétricos. Na Tabela 17 poderá verificar-se o material elétrico necessário, no que respeita à alimentação e controlo dos dois servomotores utilizados.

Tabela 17 - Material elétrico necessário para os dois servomotores

Quantidade	Material elétrico
1	Unidade de controlo SINAMICS 5kW
1	Módulo de segurança SINAMICS S120
1	Módulo de interface ativo com módulo de linha ativo 5kW
1	Módulo de motor duplo
1	Cabos de sinal
1	Motor 1FK7 PN = 1,2 kW; MO = 4,5 N·m; NN = 3000 rpm (Transportador)
1	Motor 1FK7 PN = 1,9 kW; MO = 8,5 N·m; NN = 3000 rpm (Tabuleiro)

A unidade de controlo é um módulo que confere todas as operações no exterior (relativas aos servomotores), recebe a informação, processa o programa que lhe está incutido e fornece a ordem ao servomotor. O módulo de segurança tem como finalidade proteger todo o equipamento elétrico de picos de tensão e frequência, funcionando como um fusível. O módulo de interface tem como objetivo corrigir a onda da tensão de alimentação do equipamento, evitando assim que este se danifique. Este está interligado ao módulo de linha ativo que fornece a alimentação ao módulo de motor

duplo, que por sua vez alimenta o servomotor. A instalação elétrica foi outro aspeto preponderante aquando da conceção deste projeto. Neste sentido, foi considerada a inclusão de calhas em diversas partes da máquina para a passagem de toda a cablagem elétrica, ficando assim esta protegida de possíveis acidentes. Na Figura 109 é mostrado o esquema elétrico relativo à unidade de controlo, enquanto na Figura 110 é mostrado o esquema elétrico referente aos restantes equipamentos que controlam os servomotores. As duas figuras seguintes (Figura 111 e Figura 112) representam esquemas referentes à alimentação dos dois servomotores utilizados neste projeto, finalizando com a Figura 113 relativa à alimentação do *encoder*.

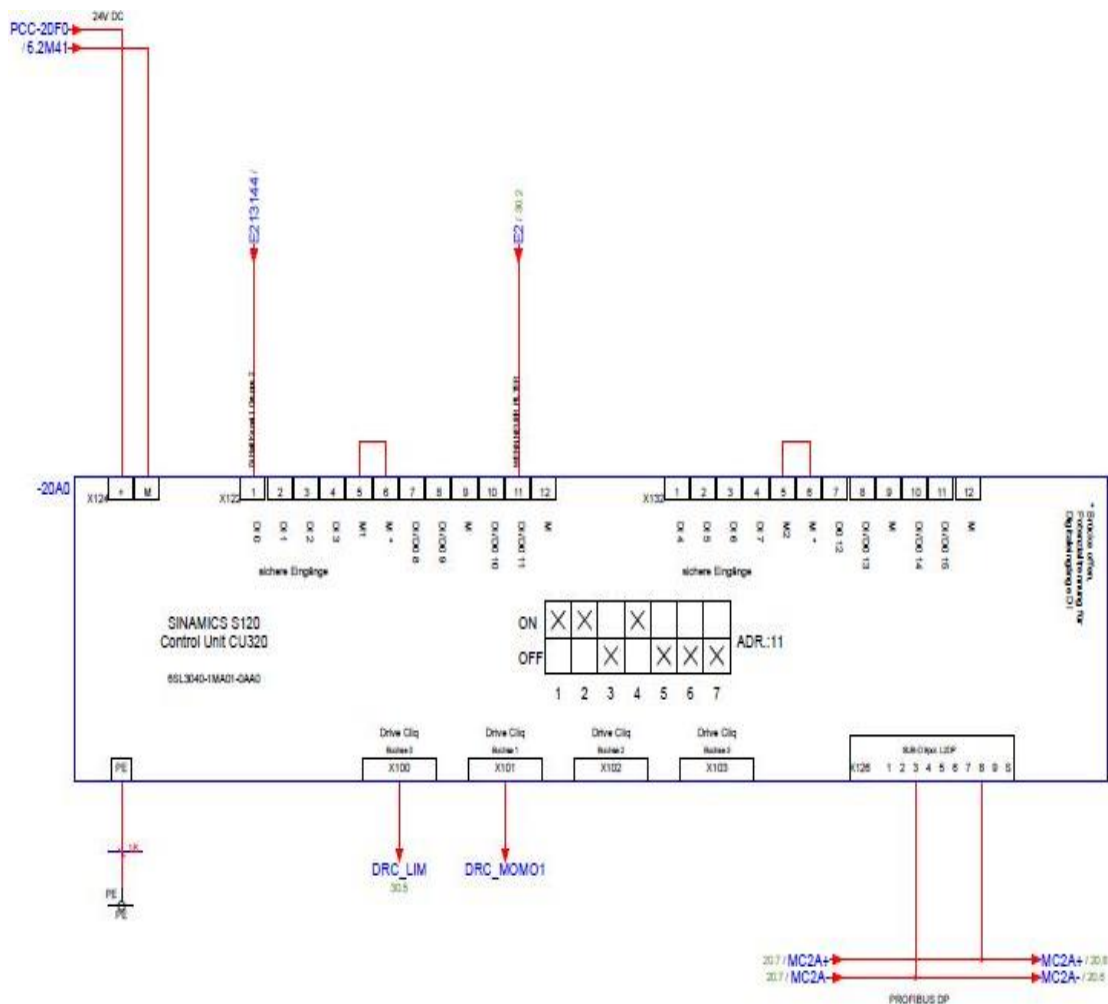


Figura 109: Esquema elétrico da unidade de controlo

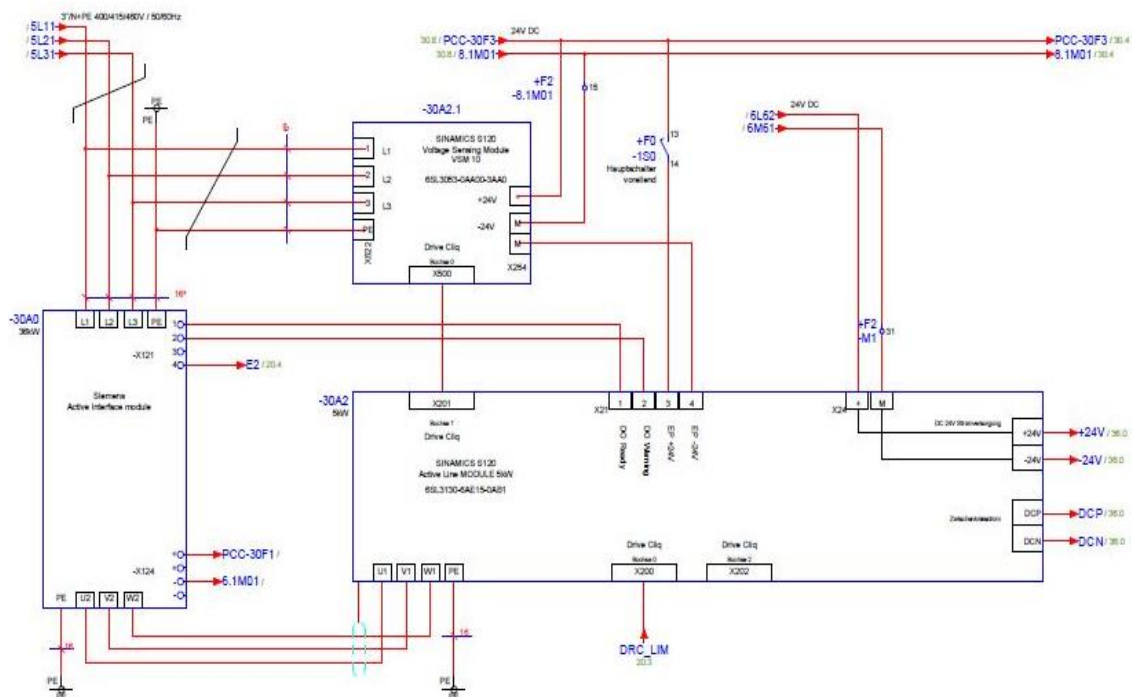


Figura 110: Esquema dos equipamentos elétricos

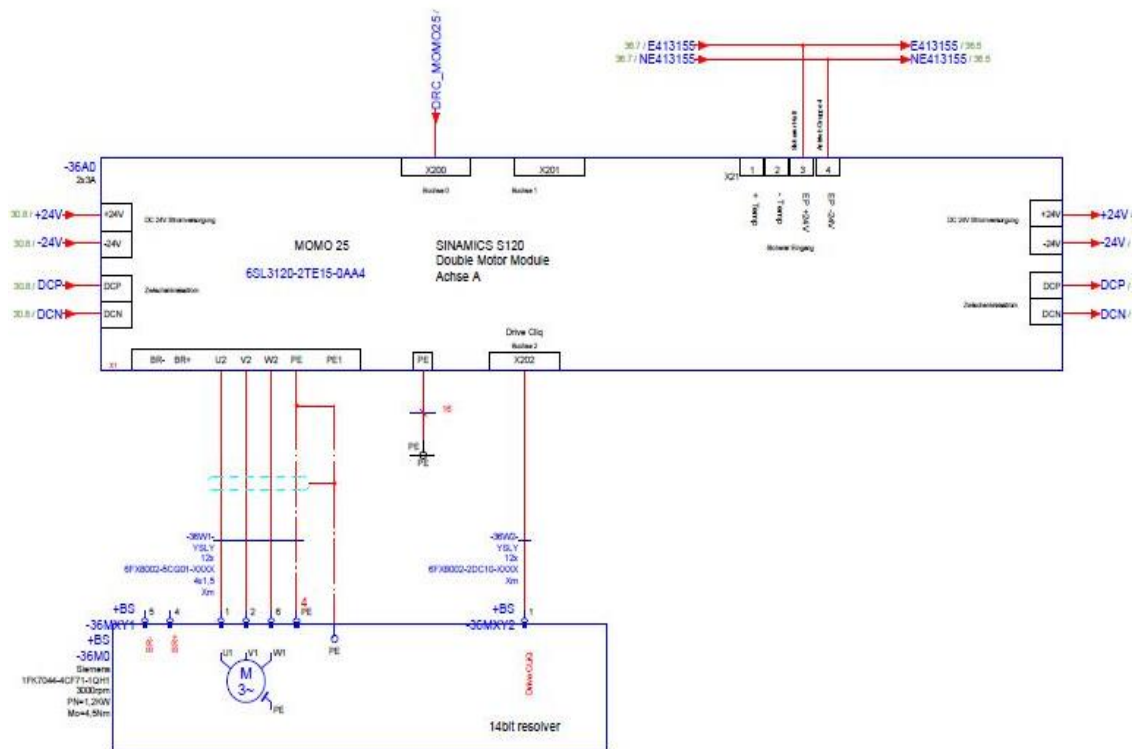


Figura 111: Esquema elétrico do motor 1FK7 (transportador)

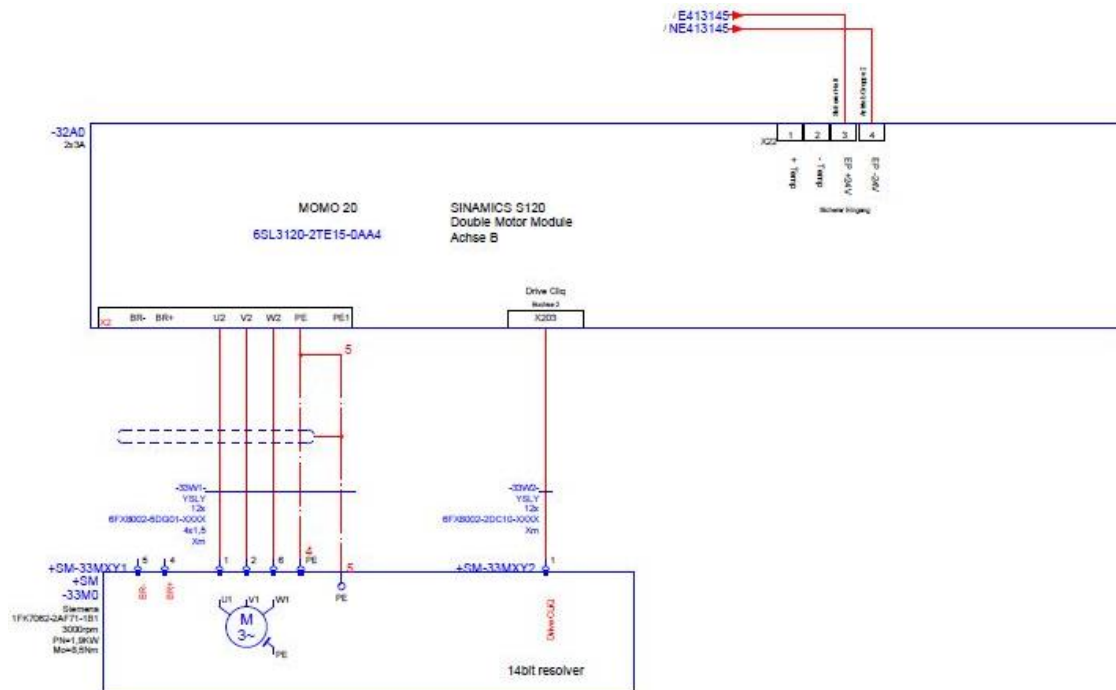


Figura 112: Esquema elétrico do motor 1FK7 (tabuleiro)

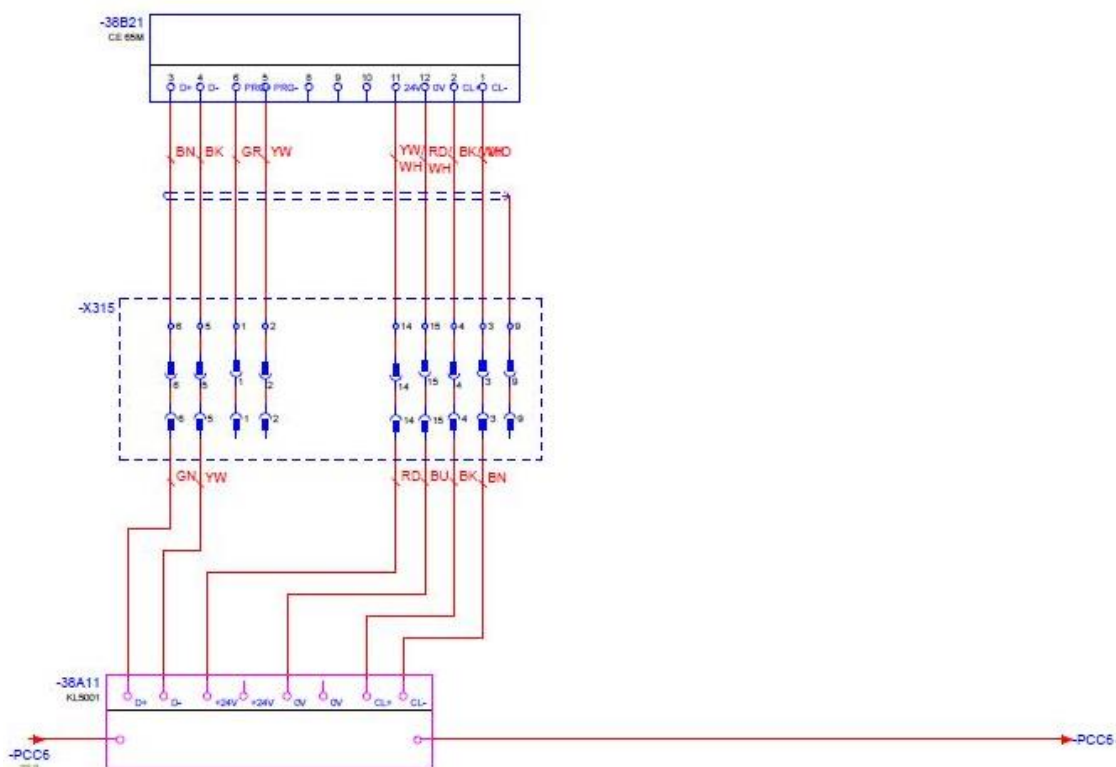


Figura 113: Esquema elétrico do encoder

3.6.3 Projeto de Cálculo

Movimento do transportador

Após o processo de reflexão e desenvolvimento deste projeto, devem ser elaboradas algumas verificações ao sistema de transmissão responsável pelo movimento do transportador.

Recordando, esta é uma solução baseada num sistema onde a correia se move em torno de duas polias. Este sistema encontra-se fixo à estrutura de suporte do conjunto de transporte e as extremidades da correia estão fixas ao transportador. Quando é transmitido o movimento à correia, o conjunto do transportador desloca-se solidário com o movimento das correias. Este acionamento é realizado através de um servomotor no qual já se encontra incorporado o *encoder*, que tem como finalidade controlar o deslocamento do transportador ao longo do curso de trabalho de 1650 mm e com um tempo de 2,2 segundos. Para o processo de cálculo, as principais variáveis são a massa de deslocamento, m_L , e a aceleração pretendida, a . Na Figura 114 apresenta-se um esquema que elucida o comportamento do deslocamento durante o transporte.

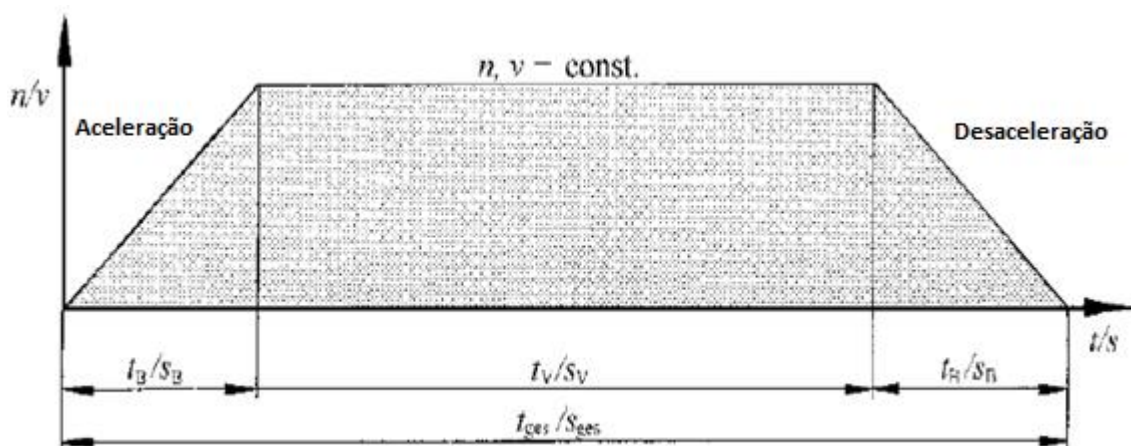


Figura 114: Comportamento do deslocamento durante o transporte (Perneder, 2012)

Distância total percorrida:

$$S_{ges} = S_B + S_V + S_B \quad (11)$$

Onde as variáveis possuem o seguinte significado:

- S_{ges} – Distância total percorrida [mm];
- S_B – Distância de aceleração / desaceleração [mm];
- S_V – Distância do percurso a velocidade constante [mm].

Tempo total:

$$t_{ges} = t_B + t_V + t_B \quad (12)$$

Onde as variáveis possuem o seguinte significado:

- t_{ges} – Tempo total [s];
- t_B – Tempo de aceleração / desaceleração [s];
- t_V – Tempo do percurso a velocidade constante [s].

Velocidade e aceleração:

$$v(const) = \frac{S_V}{t_V} \quad (13)$$

$$a = \frac{v^2}{2 \times S_B} \quad (14)$$

Onde as variáveis têm a seguinte legenda:

- v – Velocidade constante durante percurso útil [m/s];
- a – Aceleração / desaceleração do conjunto de transporte [m/s²].

Força tangencial:

$$F_t = F_B + F_H + F_R \quad (15)$$

$$F_t = m \times a + m \times g + \mu \times m \times g \quad (16)$$

Onde as variáveis são:

- F_t – Força tangencial [N];
- F_B – Força devido à aceleração e desaceleração do sistema [N];
- F_H – Força de elevação (Sistema na horizontal, $F_H = 0$) [N];
- F_R – Força devido ao atrito entre os materiais (sistema com guias lineares, atrito muito reduzido, logo pode-se desprezar, $F_R = 0$) [N].

Massa a deslocar:

$$m = m_L + m_B + m_{Zred} \quad (17)$$

$$m_{Zred} = \frac{m_Z}{2} \times \left[1 + \left(\frac{d}{d_K} \right)^2 \right] \quad (18)$$

Onde as variáveis têm o significado:

- m – Massa total a ser deslocada [kg];
- m_L – Massa do conjunto de transporte [kg];
- m_B – Massa da correia [kg];
- m_{Zred} – Massa reduzida da polia dentada [kg];
- m_Z – Massa da polia dentada [kg];
- d_K – Diâmetro exterior da polia dentada [mm];
- d – Diâmetro do furo interior [mm].

Características dos principais componentes

É pertinente reunir as características básicas dos principais componentes para a realização dos cálculos, como se pode observar seguidamente na Tabela 18 e na Tabela 19:

Correia:

Tabela 18 - Características da correia

Correia em poliuretano com cabos de aço				
Fornecedor	Tipo	Passo [mm]	Largura [mm]	Carga tração máx. [N]
Brecoflex	AT 10-32	10	32	4750

Polia dentada:

Tabela 19 - Características da polia dentada

Polia dentada Alumínio UNI 9006-T6						
Fornecedor	Tipo	Nº Dentes	d_k [mm]	d [mm]	Largura [mm]	m_z [kg]
Brecoflex	50 AT10 32	27	84,12	22	40	0,46

Para o cálculo da velocidade e da massa do transportador, foi utilizado como referência o equipamento atual, pois um requisito inicial era manter ou diminuir o tempo de ciclo.

As variáveis possuem o seguinte significado:

- $v(\text{const}) = 0,8 \text{ m/s}$
- $F_{\text{máx.}}$ do cilindro atual = 640 N, deste modo o peso máximo do transportador e seus acessórios é dado pela expressão:

$$m_L = \frac{F_{\text{máx.}}}{g} = \frac{640}{9,81} = 65,24 \text{ kg} \quad (19)$$

- Aceleração / Desaceleração $a = \frac{0,8^2}{2 \times 125 \times 10^{-3}} = 1,12 \text{ m/s}^2$
- $m_B = 0$;

O valor da massa da correia é desprezável

- $m_{Zred} = 0,46 \text{ kg}$

Para o cálculo da força tangencial, recorre-se às formulas (15) e (16). Deste modo, obtém-se:

$$F_t = (m_L + m_B + m_{Zred}) \times a = [(65,24 + 0,46) \times 9,81] \times 1,12 \approx 722 \text{ N}$$

A força total imposta nesta transmissão divide-se em duas parcelas, força tangencial e força de pré-tensionamento. A força tangencial é aquela que origina o movimento e a força de pré-tensionamento é criada para evitar o escorregamento da correia. A forma que expressa a força máxima é a seguinte:

$$F_{m\acute{a}x} = F_t + F_V \quad (20)$$

Desta equação, obtêm-se o valor de:

$$F_{m\acute{a}x} = 2 \times 722 = 1444 \text{ N}$$

O valor de tração máximo que a correia pode suportar é de $F_u = 4750 \text{ N}$, verificando-se que:

$$F_u > F_{m\acute{a}x} = 4750 > 1444 \text{ N}$$

O valor do coeficiente de segurança, C.S. é dado por:

$$C.S. = \frac{4750}{1444} = 3,29$$

Motor:

Para a realização do movimento do transportador foi necessário selecionar um motor e uma caixa redutora que tem como finalidade aumentar o momento, diminuindo a velocidade. Após a validação dos componentes mecânicos, é necessário calcular os dados de entrada para a seleção do motor. O motor selecionado foi um servomotor da marca Siemens. As seguintes equações fornecerão os dados necessários para a seleção do motor.

$$P = B \times \omega \quad (21)$$

$$B = F_t \times \frac{d_K}{2} \quad (22)$$

$$\omega = \frac{v}{d_K/2} \quad (23)$$

$$n = \frac{\omega \times 30}{\pi} \quad (24)$$

Onde as variáveis possuem o seguinte significado:

- P – Potência [W];
- B – Binário [N·m];
- ω – Velocidade angular [rad/s];
- n – Rotações por minuto [rpm].

Aplicando as expressões (22), (23) e (24):

- $F_t = 722 \text{ N}$
- $d_K = 80,90 \text{ mm}$

$$\omega = \frac{0,8}{80,90/2} = 19,8 \text{ rad/s}$$

$$n = \frac{19,8 \times 30}{\pi} = 189,1 \approx 189 \text{ rpm}$$

$$B = 722 \times \frac{80,90}{2} = 29,20 \text{ N} \cdot \text{m}$$

Aplicando a expressão (21) obtém-se o valor de:

$$P = 29,20 \times 19,8 = 578,16 \text{ W}$$

Na Tabela 20 está representado o motor selecionado com as principais características e na Tabela 21 está representada a caixa redutora selecionada.

Tabela 20 - Características principais do motor

Servomotor Siemens (1FK7044)	
Velocidade nominal do motor [rpm]	3000
Binário à saída [N·m]	4,5
Potência do motor [kW]	1,2
Massa [kg]	11,9

Tabela 21 - Características principais da caixa redutora

Caixa redutora SP⁺ (SP075S-MF1)	
Velocidade máxima de entrada [rpm]	6000
Velocidade nominal de entrada [rpm]	3000
Binário à saída [N·m]	51
Relação	10:1
Massa [kg]	3,9

Deste modo, salienta-se que o motor cumpre com os requisitos necessários para a função que vai desempenhar juntamente com a caixa redutora. Este sistema é valorizado porque já possui um sistema de controlo, *encoder* incorporado, que permite o controlo do posicionamento ao longo de todo o curso de trabalho.

A Figura 115 representa a velocidade vs. tempo do servomotor do transportador. Neste gráfico confirma-se que o tempo de ciclo é 2,2 segundos, enquanto o tempo de aceleração e desaceleração correspondem a 0,225 segundos cada.



Figura 115: Velocidade vs. tempo de elevação do transportador

Através de análise por elementos finitos do *software* SolidWorks®, efetuou-se várias simulações para aferir a resistência mecânica de alguns dos componentes do mecanismo servo motorizado. O pré-processamento das simulações a seguir efetuadas obedeceu aos seguintes requisitos:

- Análise estática;
- Modelação na zona elástica;
- Condições de fronteira: encastramento;

- Malha *standard* e malha baseada na curvatura;
- Cargas aplicadas.

A primeira simulação incidiu sobre a ponte de ligação da estrutura. Cada simulação é realizada em malha *standard* e posteriormente em malha baseada em curvatura, consistindo na análise à cedência de Von Mises e no respetivo fator de segurança (*factor of safety* - FOS). A carga aplicada sobre este componente é equivalente ao peso do servomotor com respetiva caixa redutora e o seu próprio peso (carga = 160 N). A Figura 116 representa os parâmetros utilizados na malha *standard* com refinamento médio.

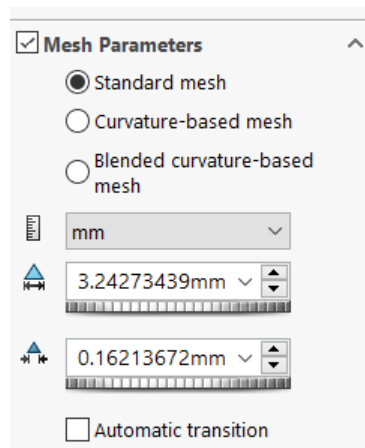


Figura 116: Parâmetros da malha *standard*

Von Mises (Aço S235JR)

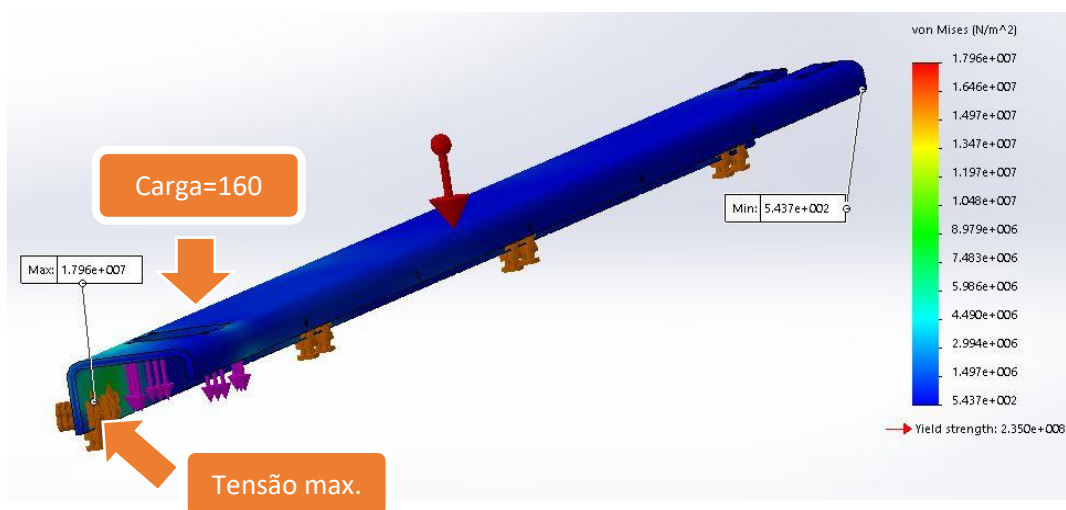


Figura 117: Simulação à cedência, segundo Von Mises

Na Figura 117 verifica-se que a tensão máxima instalada é de $1,796 \times 10^7$ Pa, valor este inferior ao da tensão de cedência do aço S235JR, cujo valor é de $2,350 \times 10^8$ Pa. Assim, este componente assegura a resistência mecânica necessária, face aos esforços a que está sujeito.

FOS

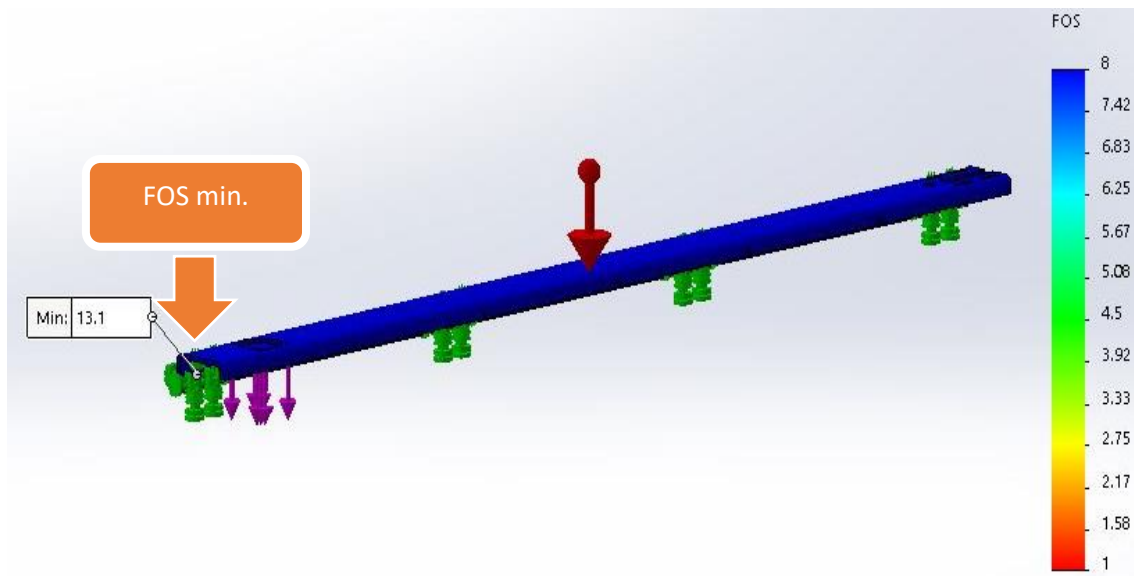


Figura 118: Simulação à cedência, FOS

De acordo com o resultado anterior (Figura 118), verifica-se que o valor do fator de segurança mínimo é de 13,1, valor este muito acima do mínimo aceitável. A expressão seguinte clarifica esta confirmação.

$$\text{FOS} = \frac{\text{Tensão de cedência}}{\text{Tensão máxima}} = \frac{2,350 \times 10^8}{1,796 \times 10^7} = 13,10$$

Malha baseada em curvatura

Na Figura 119 estão representados os parâmetros de configuração para realizar o tamanho da malha baseada em curvatura com refinamento médio.

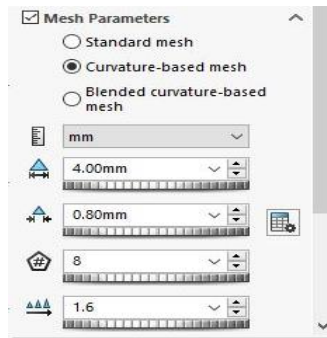


Figura 119: Parâmetros estipulados para a simulação da malha baseada em curvatura

De forma a obter um resultado ainda mais credível, é necessária a realização de um estudo (Von Mises e FOS) com uma malha baseada em curvatura (Figura 120); este é um tamanho do elemento variável em função da geometria da peça de tal forma que a malha é mais refinada em zonas de variação brusca de geometria como raios, entalhes e furos, o que aumenta a precisão no cálculo das tensões nessas zonas. No global, a malha fica mais leve porque o tamanho do elemento é superior em zonas de geometria constante.

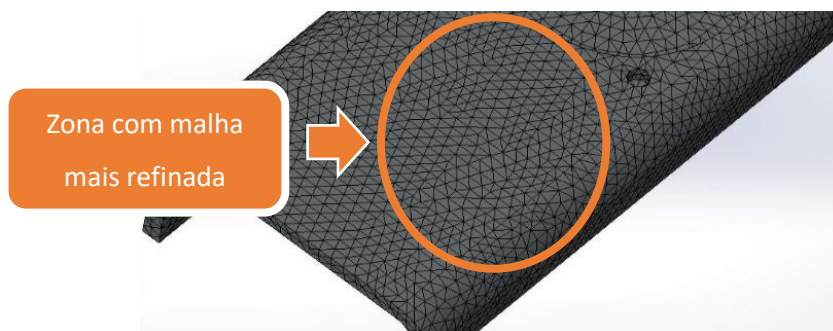


Figura 120: Vista da malha baseada em curvatura

Von Mises

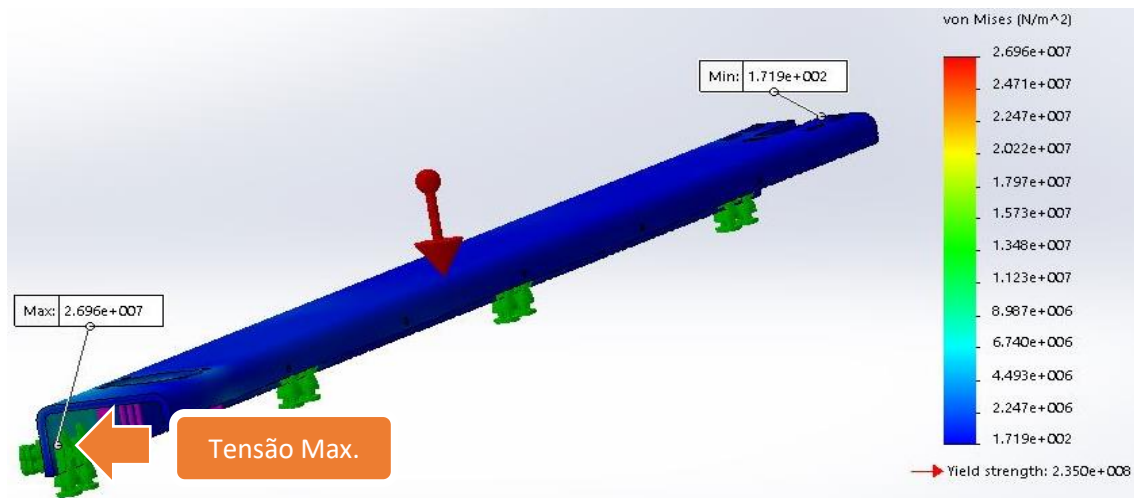


Figura 121: Simulação à cedência Von Mises

Na Figura 121 prova-se que a tensão máxima instalada é de $2,696 \times 10^7$ Pa, valor este superior à simulação *standard* de Von Mises, que foi de $1,796 \times 10^7$ Pa, ainda assim inferior ao valor de tensão de cedência do material. Este é mais um aspeto positivo que mostra a aptidão do componente para a finalidade requerida.

FOS

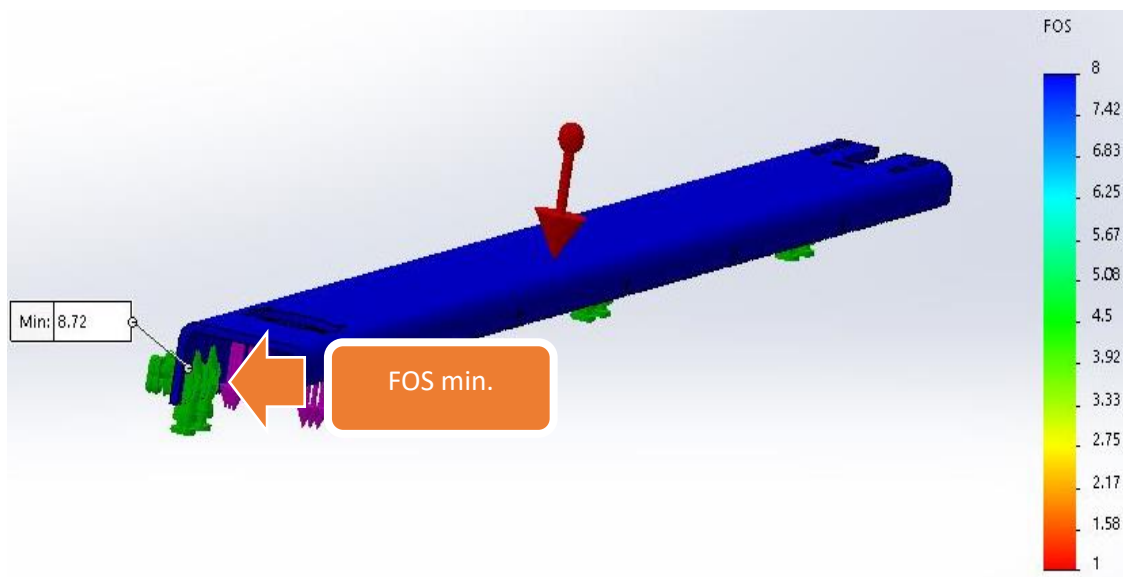


Figura 122: Simulação à cedência, curvatura FOS

O valor do fator de segurança (Figura 122) é de 8,72, valor este inferior aos 13,1 da simulação *standard*, mas bastante acima do mínimo aceitável. Neste sentido, verifica-se uma mais-valia deste componente para a funcionalidade requerida. A expressão seguinte confirma o novo valor do fator de segurança.

$$\text{FOS} = \frac{\text{Tensão de cedência}}{\text{Tensão máxima}} = \frac{2,350 \times 10^8}{2,696 \times 10^7} = 8,72$$

Suporte

A segunda simulação incidiu no estudo da resistência mecânica do suporte, que se encontra ligado (encastrado) à ponte de ligação, mais próximo da zona de aplicação da carga. A carga aplicada sobre este componente é igual à carga que incide sobre a ponte, isto porque a ligação é rígida (encastramento). A Figura 123 demonstra os parâmetros utilizados para a construção da malha *standard* com refinamento médio.

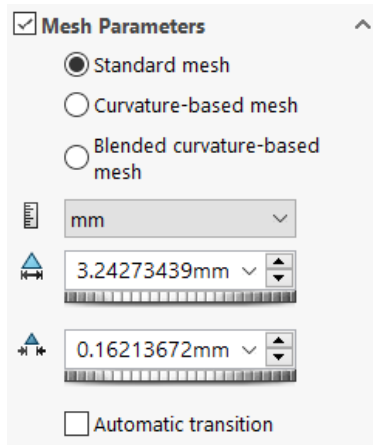


Figura 123: Parâmetros da malha *standard*

Von Mises (Aço S235JR)

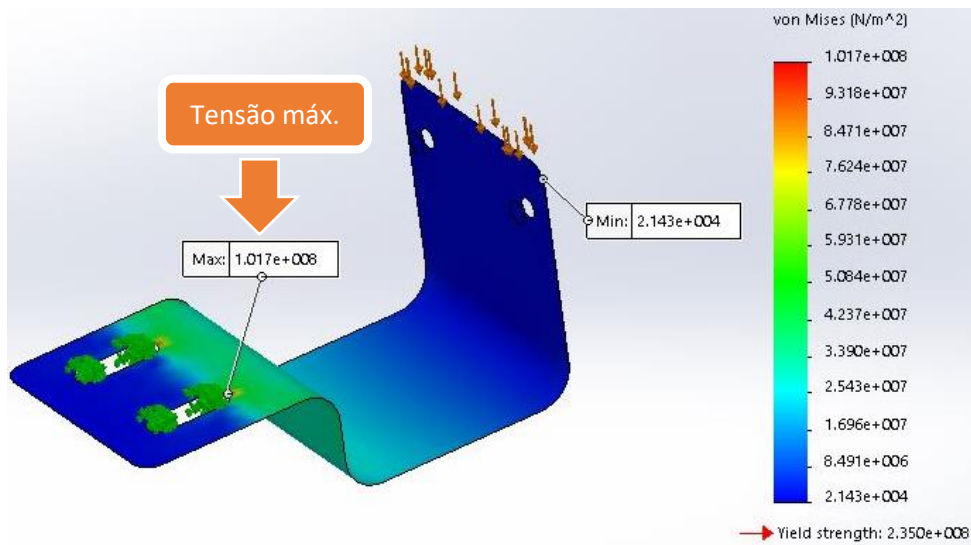


Figura 124: Simulação à cedência, segundo Von Mises

A Figura 124 mostra que a tensão máxima instalada é de $1,017 \times 10^8$ Pa, valor este inferior ao da tensão de cedência do aço S235JR, que apresenta o valor de $2,350 \times 10^8$ Pa. Assim, este componente assegura a resistência mecânica necessária face aos esforços a que é sujeito.

FOS

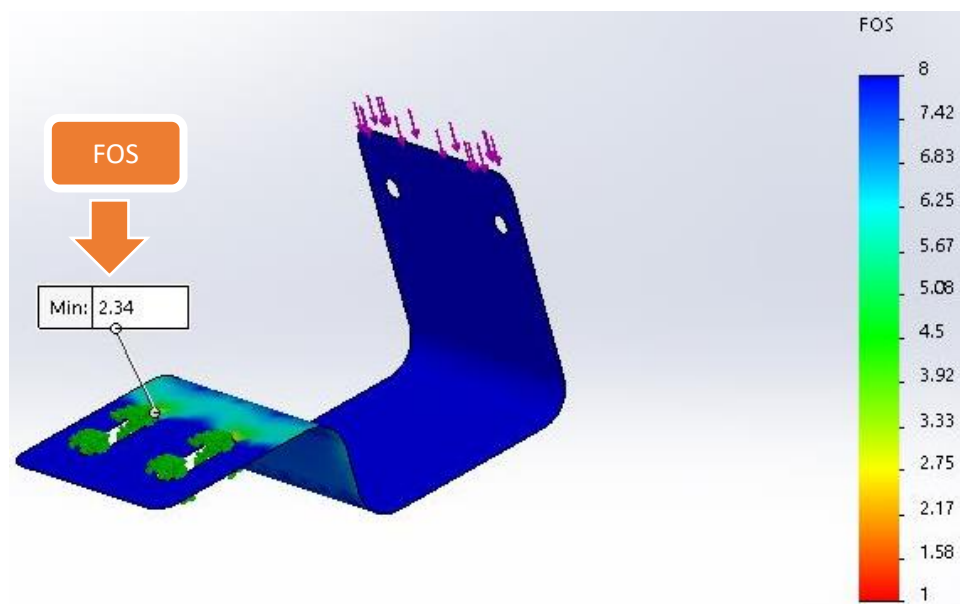


Figura 125: Simulação à cedência, FOS

De acordo com o resultado da Figura 125, verifica-se que o valor do fator de segurança mínimo da malha *standard* é de 2,34, valor este acima do mínimo aceitável (1,5). O valor calculado seguidamente é diferente do obtido através do *software* SolidWorks®, mas sendo a diferença entre eles de 0,03, é um valor insignificante e que não interfere na simulação à cedência.

$$\text{FOS} = \frac{\text{Tensão de cedência}}{\text{Tensão máxima}} = \frac{2,350 \times 10^8}{1,017 \times 10^8} = 2,31$$

Malha baseada em curvatura

Os valores dos parâmetros para a realização desta malha são iguais à primeira simulação. A Figura 126 apresenta uma vista da malha baseada em curvatura.

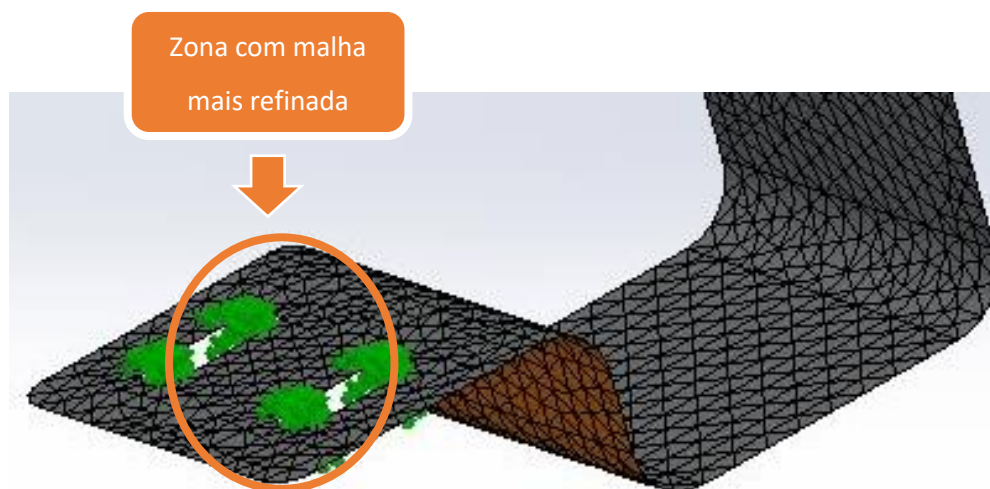


Figura 126: Vista da malha baseada em curvatura

Von Mises

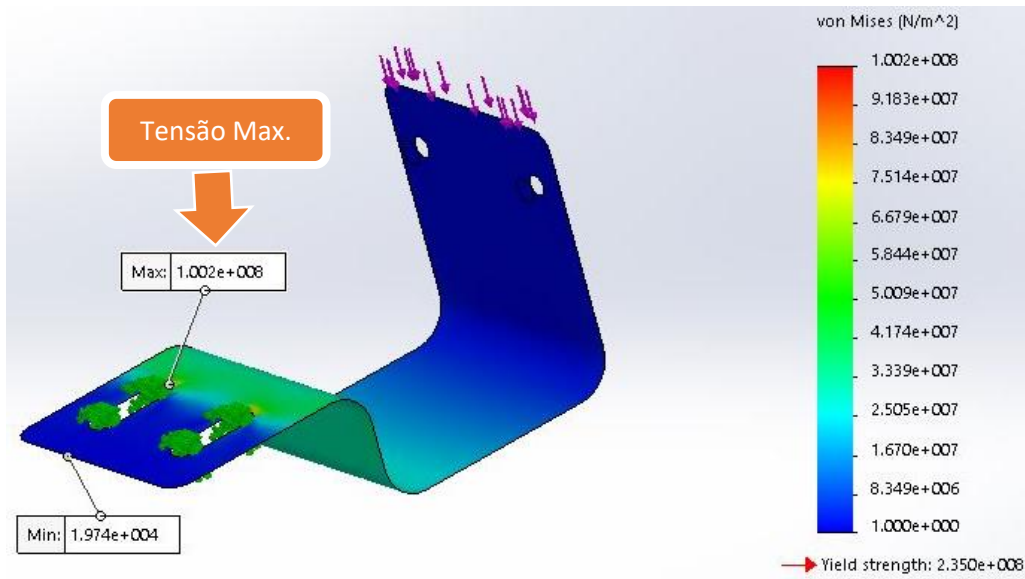


Figura 127: Simulação à cedência, segundo Von Mises

A Figura 127 demonstra que a tensão máxima instalada é de $1,002 \times 10^8$ Pa, valor muito idêntico à simulação *standard* de Von Mises que foi de $1,017 \times 10^8$ Pa, ainda assim inferior ao valor de tensão de cedência do material. Este é um aspeto positivo que comprova a aptidão do componente para a finalidade requerida.

FOS

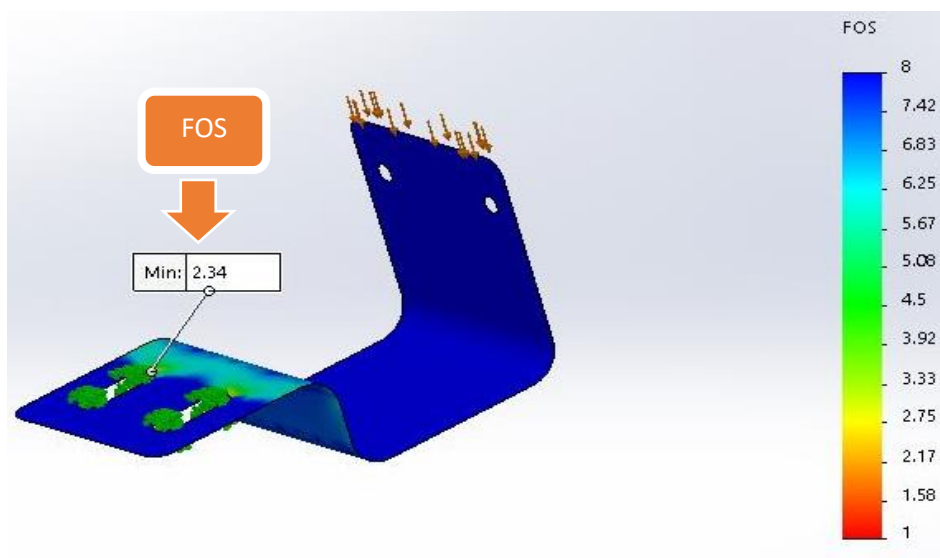


Figura 128: Simulação à cedência, FOS em malha baseada em curvatura

O valor do fator de segurança em malha baseada em curvatura (Figura 128) é de 2,34, valor que teria de ser muito semelhante ao da malha *standard*, visto os valores da tensão máxima serem idênticos. Este é mais um ponto significativo que confirma a aptidão deste componente para a funcionalidade requerida.

$$FOS = \frac{\text{Tensão de cedência}}{\text{Tensão máxima}} = \frac{2,350 \times 10^8}{1,002 \times 10^8} = 2,34$$

Veio

A terceira simulação incidiu no estudo da resistência mecânica do veio, pois este irá suportar as cargas inerentes à transmissão, sendo então imprescindível efetuar este estudo. Como já anteriormente, a $F_{\text{máx.}}$ calculada que é aplicada no veio tem o valor de 1444 N.

A primeira simulação do veio baseou-se em malha *standard* com refinamento médio, as características encontram-se presentes na Figura 129.

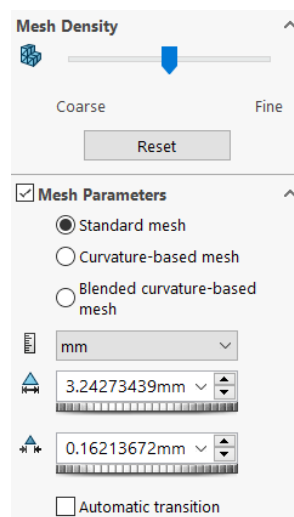


Figura 129: Parâmetros da malha *standard*

Von Mises (Aço C45E)

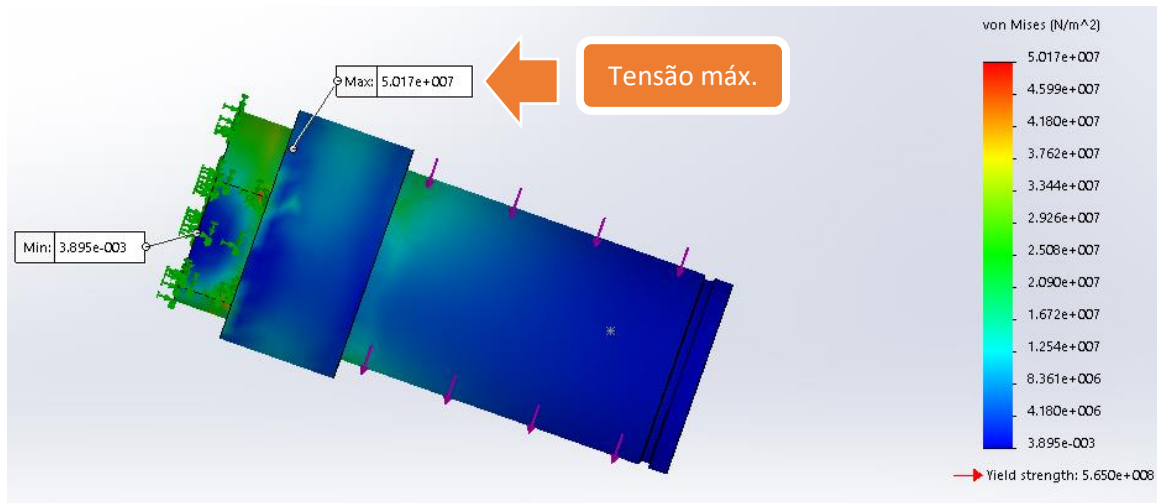


Figura 130: Simulação à cedência, segundo Von Mises

Na Figura 130 verifica-se que a tensão máxima instalada é de $5,017 \times 10^7$ Pa, valor este inferior ao da tensão de cedência do aço C45E no valor de $5,650 \times 10^8$ Pa. Assim, este componente assegura a resistência mecânica necessária, face aos esforços a que é sujeito.

FOS

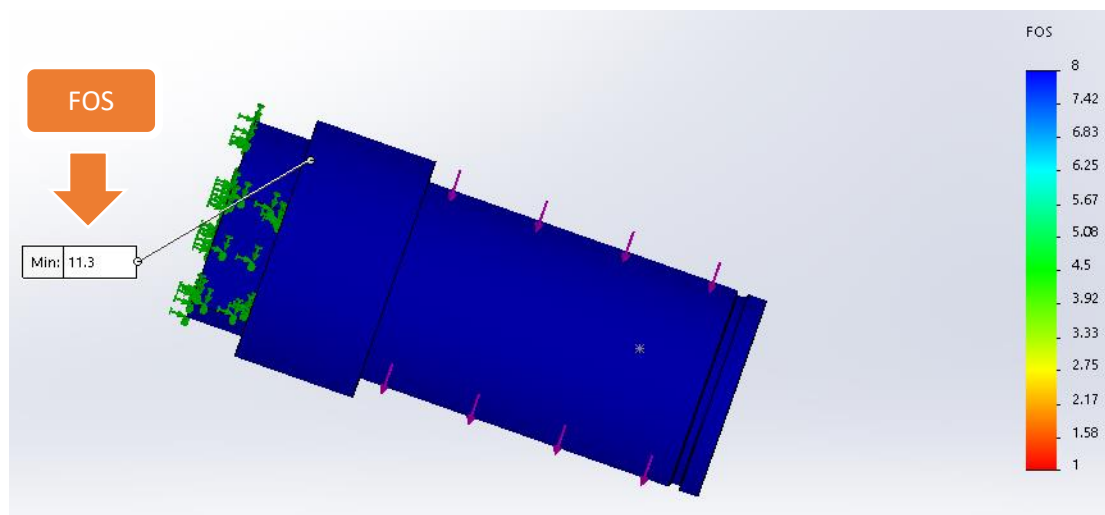


Figura 131: Simulação à cedência, cálculo do FOS

De acordo com o resultado obtido através da Figura 131, confirma-se que o valor do fator de segurança mínimo é de 11,3, valor este acima do mínimo aceitável (1,5). De seguida, apresenta-se a expressão que calcula este valor.

$$FOS = \frac{Tensão\ de\ cedência}{Tensão\ máxima} = \frac{5,650 \times 10^8}{5,017 \times 10^7} = 11,26$$

Estudo com malha baseada em curvatura

Os valores dos parâmetros para a realização da malha baseada em curvatura (Figura 133) são iguais à primeira simulação. A segunda simulação do veio baseou-se na malha em curvatura com as características da Figura 132.

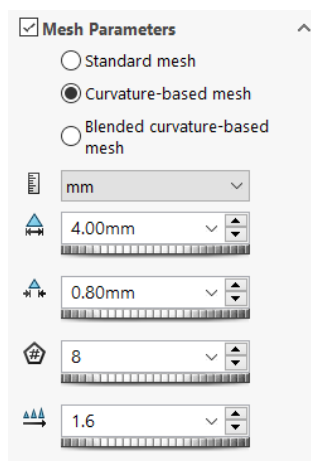


Figura 132: Características da malha baseada em curvatura

A Figura 133 apresenta a zona do veio com a malha mais refinada (geometria mais complexa).

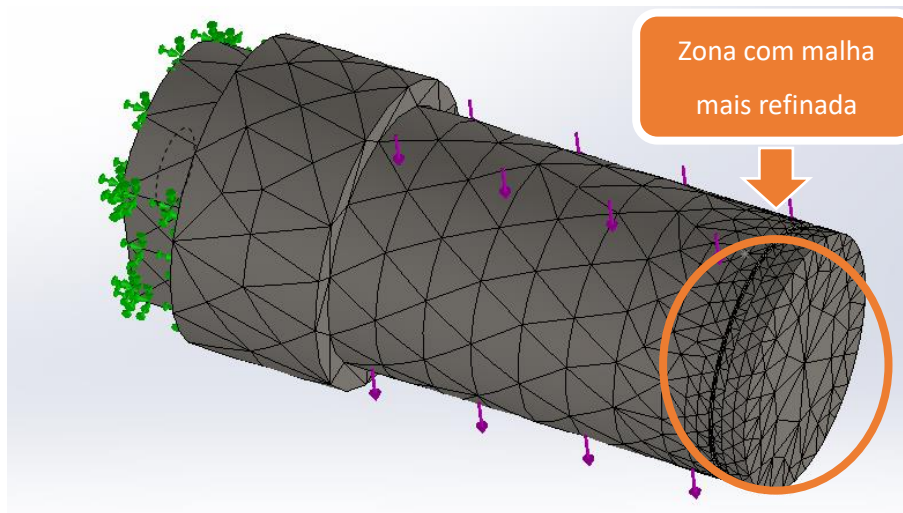


Figura 133: Vista da malha baseada em curvatura

Von Mises

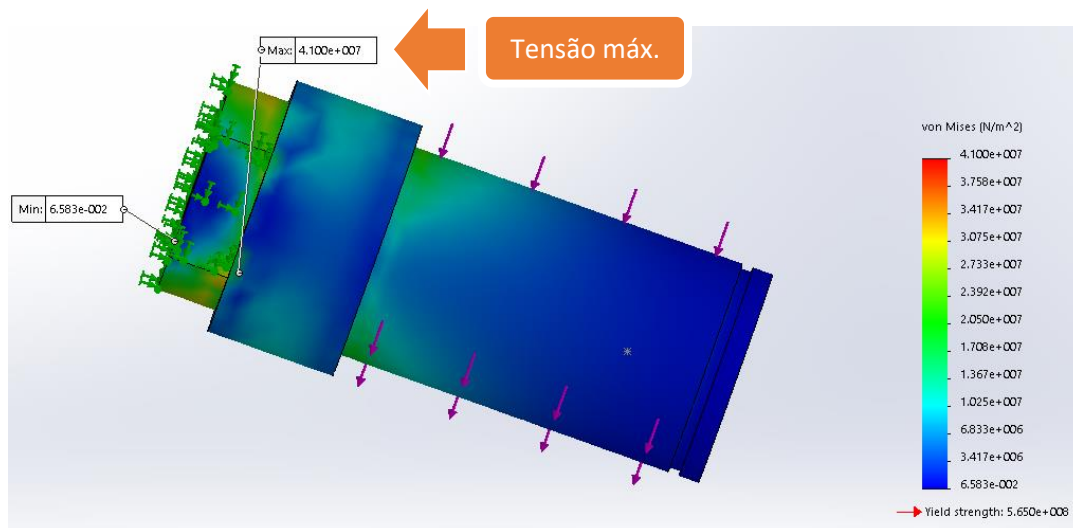


Figura 134: Simulação à cedência, malha baseada em curvatura segundo Von Mises

Na Figura 134 verifica-se que a tensão máxima instalada é de $4,100 \times 10^7$ Pa, valor um pouco a baixo comparado com a simulação *standard*, que foi de $5,017 \times 10^7$ Pa, valor inferior ao valor da tensão de cedência do material. Este é um aspeto positivo que revela a capacidade do componente para a finalidade pretendida.

FOS

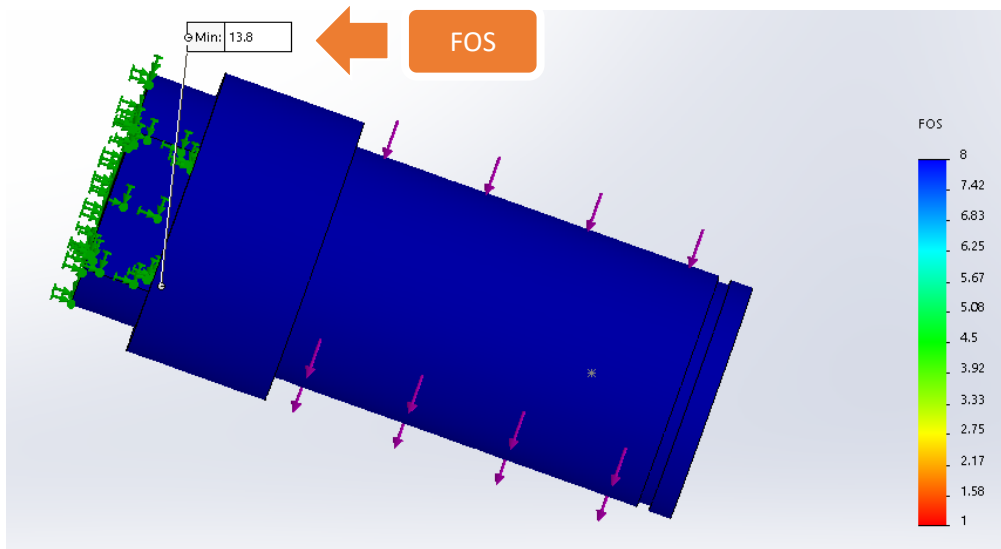


Figura 135: Simulação à cedência, cálculo do FOS em curvatura

O valor do fator de segurança é de 13,8 (Figura 135), tendo aumentado em relação à malha *standard*, sendo um valor que garante a aptidão deste componente para a funcionalidade requerida. Apresenta-se assim a expressão que auxilia este cálculo:

$$\text{FOS} = \frac{\text{Tensão de cedência}}{\text{Tensão máxima}} = \frac{5,650 \times 10^8}{4,100 \times 10^7} = 13,78$$

Parafuso de fixação do veio

Para o dimensionamento do parafuso (M6 X 10 - 8.8) responsável pela fixação do veio e seus componentes é necessário ter em consideração todas as forças a que este vai estar sujeito. As forças resultantes no parafuso são as mesmas a que o veio está sujeito, logo este irá sofrer uma $F_{\text{máx.}}$ ao corte de 1444 N (Figura 136).



Figura 136: Esforço aplicado ao parafuso

Calculando a tensão instalada:

$$\sigma = \frac{F}{A}$$

Tendo em conta que o parafuso possui um $\varnothing = 6 \text{ mm}$,

$$A = \pi \times r^2 = \pi \times \left(\frac{6}{2}\right)^2 = 28,27 \text{ mm}^2$$

$$\sigma_{\text{instalada}} = \frac{1444}{28,27} = 51,08 \text{ MPa}$$

A $\sigma_{\text{cedência}}$ do aço de classe 8.8 é de 800 MPa. Como o parafuso está ao corte, a $\tau_{\text{cedência}}$ será

$$\tau_{\text{cedência}} = \frac{\sigma_{\text{cedência}}}{\sqrt{3}} = \frac{800}{\sqrt{3}} = 462,43 \text{ MPa}$$

A verificação de segurança tem de obedecer a:

$$\sigma_{\text{instalada}} \leq \frac{\left(\frac{\sigma_{\text{cedência}}}{\sqrt{3}}\right)}{C.S}$$

$$51,08 \leq \frac{\left(\frac{800}{\sqrt{3}}\right)}{1,5}$$

$$51,08 \text{ MPa} \leq 308,29 \text{ MPa} !!!$$

Desta forma está assegurada a resistência mecânica do parafuso para as solicitações em causa.

Guia linear

Para dimensionamento da guia linear é necessário ter em consideração todas as forças a que esta vai estar sujeita. Os esforços a que estas duas guias lineares vão estar submetidas resultam do peso do transportador e dos seus acessórios. Toda esta estrutura é simétrica, pois cada uma das guias irá suportar metade do peso do transportador, como ilustra a Figura 137. Por sua vez, cada uma das guias possui dois carros.

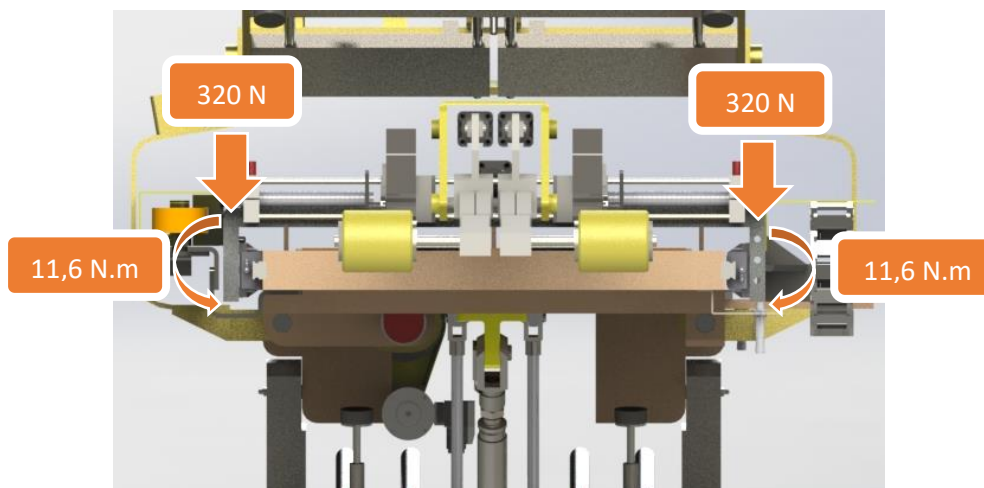


Figura 137: Cargas aplicadas às guias

Neste caso, e porque as guias estão na lateral (90° do tabuleiro), o peso irá provocar esforços segundo o eixo X, Momento em XX' (Figura 138).

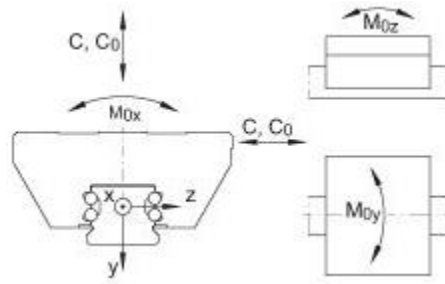


Figura 138: Direções da aplicação da carga

Para o cálculo do momento em XX' de cada carro, pode observar-se na Tabela 22 a força e o braço que resulta no Momento.

Tabela 22 - Cálculo do momento em XX'

Força [N]	Braço / Distância [m]	Momento [N·m]
320/2	0,0364	5,8

A Figura 139 demonstra que o conjunto guia/carro selecionado cumpre em muito com os requisitos. Isto porque o cálculo do momento em XX' resultou em 5,8 e o fornecedor garante 510 N·m.

C	17900 N	capacidade de carga dinâmica
C_0	37000 N	capacidade de carga estática
M_{0x}	510 Nm	torque estático em torno do eixo X
M_{0y}	395 Nm	torque estático em torno do eixo Y
M_{0z}	395 Nm	torque estático em torno do eixo Z

Figura 139: Direções da aplicação da carga

Movimento do tabuleiro

Para a realização do movimento do tabuleiro, foi elaborado um sistema servo motorizado constituído por um servomotor e um módulo linear da marca Siemens e Bosch RexRoth, respetivamente. Recordando, esta solução consiste na aplicação de um módulo linear, com transmissão por fuso, uma vez que há a necessidade de elevar uma carga considerável, e também por questões de segurança. Quando é acionado o fuso, este roda e faz com que o conjunto acoplado se desloque linearmente. O atuador linear é controlado por um servomotor. Este será parametrizado consoante o tamanho de jante a ser trabalhada. No caso da jante de 14", o curso do atuador deve estar compreendido entre 0 e 400 mm; para jantes com 15", entre 25 e 425 mm; e finalmente para jantes com 16", entre 50 e 450 mm.

Para o cálculo da velocidade e da massa do tabuleiro, foi utilizado como referência o equipamento atual, pois um requisito inicial era, pelo menos, manter o tempo de ciclo.

- $v(\text{const.}) = 0,5 \text{ m/s}$
- $F_{\text{máx.}}$ do cilindro atual = 4700 N, deste modo o peso máximo do tabuleiro e seus acessórios são dados pela expressão:

$$m_L = \frac{F_{\text{máx.}}}{g} = \frac{4700}{9,81} = 479,103 \text{ kg} \quad (19)$$

- Aceleração / Desaceleração

$$a = \frac{0,5^2}{2 \times 125 \times 10^{-3}} = 1,0 \text{ m/s}^2 \quad (20)$$

Com os dados obtidos, pode verificar-se na Tabela 23 os valores das características do módulo linear que melhor corresponde ao pretendido.

Tabela 23 - Características do módulo linear

Módulo linear EMC-080-NN-2							
Fornecedor	Tipo	Passo [mm]	Diâmetro [mm]	Carga dinâmica [N]	Carga máx. [N]	Curso [mm]	V máx. (m/s)
Bosch RexRoth	EMC- 080	20	32	19700	15000	500	1,00

Na Figura 140 comprova-se que, quanto maior for o curso, menor será a força máxima que o módulo linear pode suportar. Neste estudo, o caso III é o que mais se assemelha à realidade da máquina, pois ambos têm dois pontos rotulados e que permitem rotação.

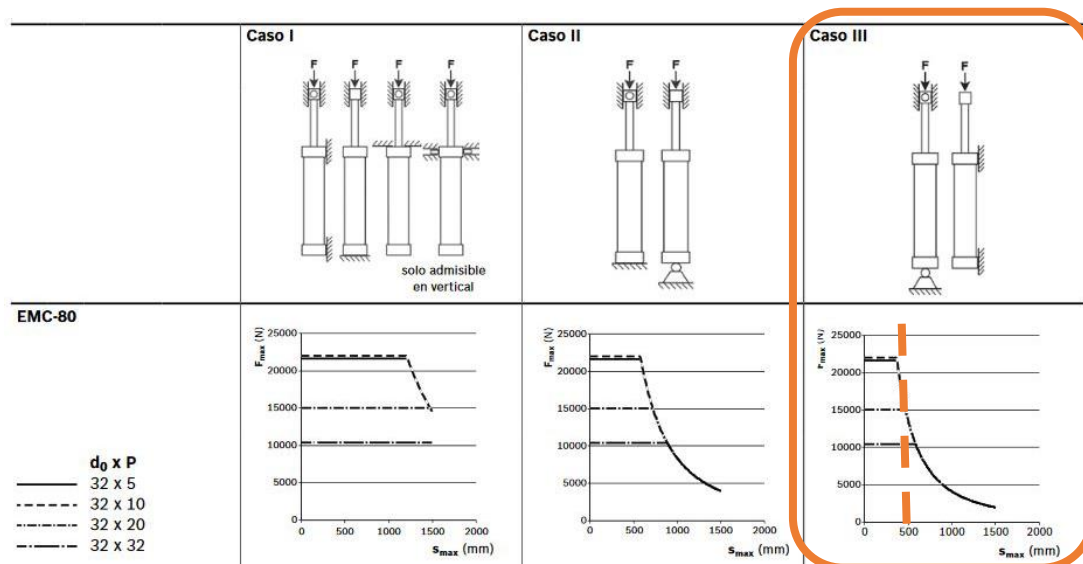


Figura 140: Seleção do módulo linear

Motor:

Para a realização do movimento do tabuleiro, foi necessário selecionar um servomotor para um maior controlo e precisão do movimento. Estes são dois dos requisitos inicialmente referidos para as soluções do problema encontrado. As seguintes equações representam os dados necessários para a seleção do motor.

$$P = B \times \omega \quad (21)$$

$$B = F_t \times \frac{d_K}{2} \quad (22)$$

$$\omega = \frac{v}{d_K/2} \quad (23)$$

$$n = \frac{\omega \times 30}{\pi} \quad (24)$$

Onde as variáveis possuem o seguinte significado:

- P – Potência [W];
- B – Binário [N·m];
- ω – Velocidade angular [rad/s];
- n – Rotações por minuto [rpm].

Aplicando as expressões (22), (23) e (24):

$$F_t = 4700 \text{ N}$$

$$d_K = 100 \text{ mm}$$

$$\omega = \frac{0,5}{100/2} = 10 \text{ rad/s}$$

$$n = \frac{10 \times 30}{\pi} = 95,5 \text{ rpm}$$

$$B = 4700 \times \frac{100}{2} = 235 \text{ N} \cdot \text{m}$$

Aplicando a expressão (21) obtém-se o valor de

$$P = 235 \times 10 = 2350 \text{ W}$$

A Tabela 24 representa as principais características do servomotor.

Tabela 24 - Características principais do servomotor

Servomotor Siemens Simotics S Synchronous (1FK7062)	
Velocidade nominal do motor [rpm]	3000
Binário à saída [N·m]	24
Potência do motor [kW]	2,9
Massa [kg]	8,4

Após escolhido o motor e tendo em conta o binário necessário para movimentar o mecanismo, foi necessário recorrer a uma caixa redutora que possibilitasse esse mesmo binário. Neste sentido, foi escolhida a caixa redutora cujas características são mostradas na Tabela 25. Aplicando a expressão (24), confirma-se que o binário é de 235 N·m e, sendo o binário à saída da caixa de 360 N·m, então estas características cumprem os requisitos das necessidades do sistema.

Tabela 25 - Características principais da caixa redutora

Caixa redutora SP⁺ (SP140S-MF1)	
Velocidade máxima de entrada [rpm]	4000
Velocidade nominal de entrada [rpm]	2100
Binário à saída [N·m]	360
Relação de transmissão	10:1
Massa [kg]	17,2

A Figura 141 representa a velocidade *versus* o tempo do servomotor na movimentação do tabuleiro. Neste gráfico confirma-se que o tempo de ciclo é de 0,9 segundos, enquanto o tempo de aceleração e desaceleração correspondem a 0,125 segundos cada.

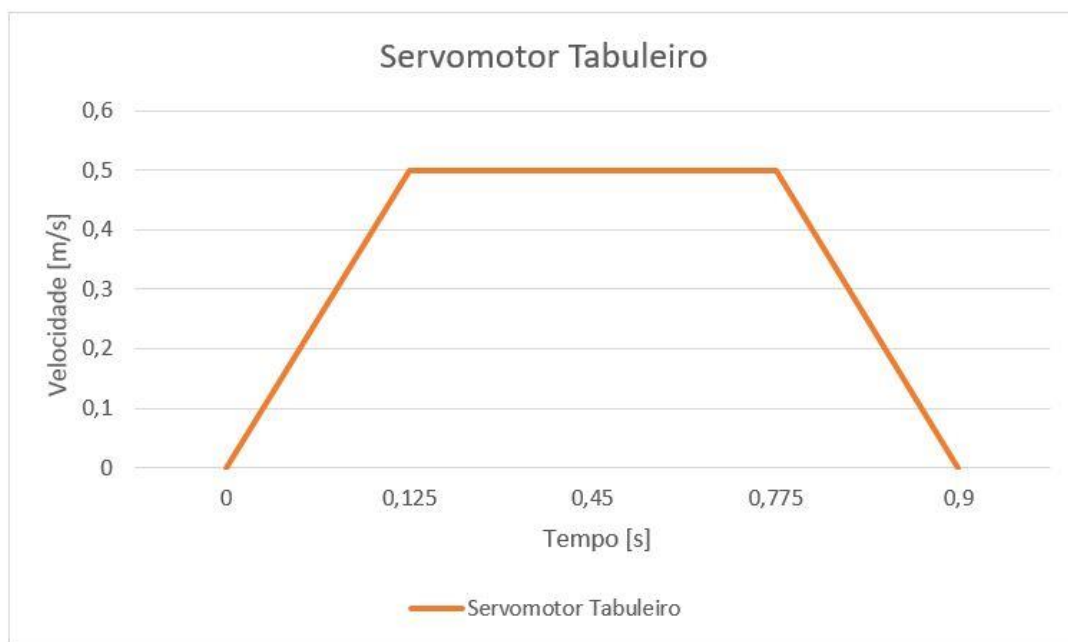


Figura 141: Gráfico Velocidade vs. Tempo na movimentação do tabuleiro

Veio do suporte de fixação (módulo linear)

Devido à elevada carga que o atuador linear terá de suportar, torna-se pertinente verificar a resistência mecânica do veio do suporte de fixação inferior. Sendo um material *standard* e que já está incluído na compra do equipamento (módulo linear), a especificação detalhada do material não é fornecida. A única informação disponível é que o material do veio é aço inoxidável. Deste modo, será realizada a simulação para o aço inoxidável AISI 304L, pois é dos aços inoxidáveis que possui as características mecânicas inferiores. Contudo, se este aço mostrar suportar estes esforços, os outros suportarão muito mais carga. A carga aplicada sobre este componente (Tabela 26) é equivalente ao peso a que o módulo está sujeito, acrescido do peso do módulo linear com o servomotor e respetiva caixa redutora.

Tabela 26 - Massa aplicada no veio

Componente	Massa [kg]
Tabuleiro e componentes	479
Módulo	9,2
Servomotor	8,4
Caixa redutora	17,2
Total	513,8

Peso total aplicado ao veio:

$$P = m \times g = 513,8 \times 9,81 = 5040 \text{ N}$$

O veio vai estar sujeito a um esforço de corte proveniente do peso calculado. Este esforço de corte reparte-se pelas extremidades do veio. Desta forma, trata-se de um corte duplo (Figura 142).

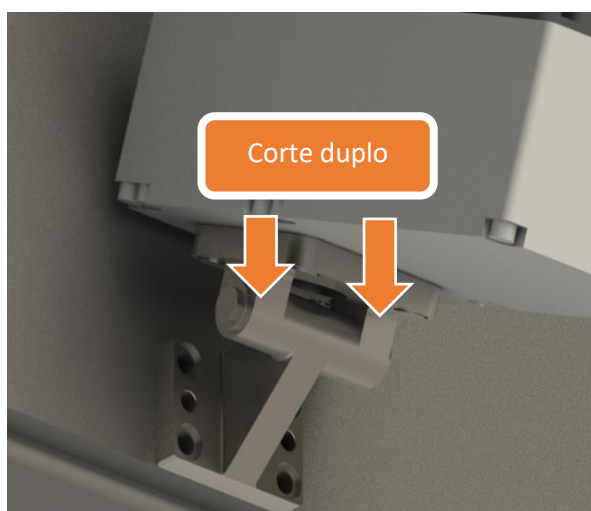


Figura 142: Representação do efeito de corte duplo

Sendo um corte duplo, a força exercida sobre cada extremidade equivale a metade do peso anteriormente calculado.

$$F_{\text{exercida}} = \frac{P}{2} = \frac{5040}{2} = 2520 \text{ N}$$

Calculando a tensão instalada:

$$\sigma = \frac{F}{A}$$

Tendo em conta que o veio possui um $\phi = 16 \text{ mm}$,

$$A = \pi \times r^2 = \pi \times \left(\frac{0,016}{2}\right)^2 = 0,000201 \text{ m}^2$$

$$\sigma_{\text{instalada}} = \frac{2520}{0,000201} = 1,25 \times 10^7 \text{ Pa} = 12,5 \text{ MPa}$$

A $\sigma_{\text{cedência}}$ do aço inoxidável 304L é de 206,807 MPa. Como o veio está ao corte, a $\tau_{\text{cedência}}$ será

$$\tau_{\text{cedência}} = \frac{\sigma_{\text{cedência}}}{\sqrt{3}} = \frac{206,807}{\sqrt{3}} = 119,40 \text{ MPa}$$

A verificação de segurança tem de obedecer a:

$$\sigma_{\text{instalada}} \leq \frac{\left(\frac{\sigma_{\text{cedência}}}{\sqrt{3}}\right)}{C.S.}$$

$$12,5 \leq \frac{\left(\frac{206,807}{\sqrt{3}}\right)}{1,5}$$

$$12,5 \text{ MPa} \leq 79,6 \text{ MPa} !!!$$

Neste sentido, está verificada a condição de segurança e considera-se que o veio possui resistência mecânica mais do que suficiente para suportar os esforços em causa.

3.7 Orçamentação e *payback*

3.7.1 Orçamentação

Movimento do transportador

Aquando da realização de um projeto desta dimensão, importa também definir detalhadamente um orçamento por categorias (material elétrico, material mecânico, montagem, controlo e fabrico). Esta divisão por categorias é pertinente para a empresa, uma vez que estas soluções podem ser implementadas por etapas aquando da disponibilidade da máquina. Neste ponto do trabalho apresentam-se as tabelas que descrevem um resumo orçamental, e no anexo II encontra-se uma descrição minuciosa do orçamento. As tabelas seguintes apresentam então um resumo do orçamento do mecanismo do transportador (Tabela 27), do mecanismo do tabuleiro (Tabela 28), da organização da mesa de trabalho (Tabela 29), *upgrade* dos sistemas de segurança (Tabela 30), ajuste da ponte de corte (Tabela 31) e o controlo da largura da cunha (Tabela 32).

Tabela 27 - Custo do equipamento para melhoria do transportador

Descrição	Preço [€]
Material elétrico	3000
Material mecânico / estrutural	1700
Montagem e controlo	600
Fabrico	530
Custo total	5830

Tabela 28 - Custo do equipamento para melhoria do acionamento do tabuleiro

Descrição	Preço [€]
Material elétrico	950
Material mecânico / estrutural	5250
Montagem e controlo	500
Custo total	6750

Tabela 29 - Custo do equipamento para melhoria da organização

Descrição	Preço [€]
Fabrico	50
Montagem	0
Custo total	50

Tabela 30 - Custo do equipamento para melhoria do sistema de segurança

Descrição	Preço [€]
Material elétrico	3000
Fabrico	700
Montagem e controlo	400
Custo total	4100

Tabela 31 - Custo do equipamento para melhoria da ponte de corte

Descrição	Preço [€]
Material elétrico	1750
Fabrico	150
Montagem e controlo	400
Custo total	2300

Tabela 32 - Custo do equipamento para melhoria do sistema de controlo da largura da cunha

Descrição	Preço [€]
Material elétrico	2800
Fabrico	75
Montagem e controlo	600
Custo total	3500

3.7.2 Análise *payback*

Posteriormente ao desenvolvimento de todo o projeto, é fundamental realizar uma análise do tempo de retorno do investimento (*payback*). Esta análise é muitas vezes o impulso para a realização de melhorias de máquinas e, conseqüentemente, para o aumento de qualidade e quantidade no processo produtivo.

Primeiramente, é pertinente conhecer os custos que a empresa tem com o equipamento atual, sendo que é necessária uma intervenção devido ao elevado número de avarias no movimento de transportador. Deste modo, e como analisado no ponto 3.3 Identificação e caracterização dos problemas do capítulo 3 (DESENVOLVIMENTO), é possível verificar que a empresa tem um gasto anual de 28600 € com o cilindro responsável pelo movimento do transportador, o que corresponde a um valor de 2383 € por máquina Apex. Assim sendo, e visto que o equipamento servo motorizado tem um custo de 5830 € para o movimento do transportador e de 6750 € para o movimento do tabuleiro, o tempo de amortização do investimento é de cinco anos e dois meses. Para esta solução há um ganho na fiabilidade, na precisão e na robustez do equipamento. De uma forma indireta, as folgas e vibrações provocadas pelo mecanismo pneumático vão desaparecer, sendo possível ainda obter uma redução nos custos energéticos (ar comprimido → eletricidade). Como a máquina está dependente da destreza do operador, o ganho de produtividade devido à diminuição do tempo de ciclo só pode ser assegurado se o operador assim o entender.

A automatização da ponte de corte acarreta ganhos em termos de tempo, na medida em que há uma maior facilidade da realização do *setup* (mudança de tamanho de jante), quando comparado com o mecanismo atual. De acordo com a previsão da implementação, o material não conforme devido ao mau posicionamento irá diminuir em 100%, suprimindo os materiais não conformes.

3.8 Plano de manutenção

A manutenção é um processo de grande importância e que requer a devida atenção. O desempenho do equipamento depende da manutenção efetuada e, deste modo, pode garantir-se uma maior longevidade de todos os seus componentes. Aquando de uma manutenção diminuta, o equipamento poderá iniciar uma sequência de perigosidades graves, exigindo uma intervenção corretiva, sendo muito demorada e complexa, e podendo trazer custos elevados à empresa.

Para uma melhor segurança de quem manuseia o equipamento (operador, pessoal da manutenção ou pessoal da limpeza) durante uma manutenção é fundamental que sejam seguidas algumas normas, nomeadamente o bloqueio mecânico e/ou desativação elétrica. Para tal, a norma OHSAS define o procedimento *lockout/tagout*, que significa bloqueio/etiquetagem. Este método evita o acionamento indesejado da máquina durante uma intervenção. O mercado oferece uma vasta gama de dispositivos relativamente ao bloqueio de várias fontes de energia, tais como, elétrica, pneumática hidráulica, entre outras. Na Figura 143 pode observar-se alguns exemplos de etiquetas e bloqueios.



Figura 143: Etiquetas e bloqueios lockout (SafeTe, 2016 e Redactor, 2016)

3.8.1 Manutenção preventiva

A manutenção preventiva caracteriza-se por ser um conjunto de ações sistemáticas de controlo e monitorização, com o objetivo de reduzir ou impedir falhas, permitindo assim uma maior durabilidade ao equipamento. É de salientar que as ações de manutenção têm de ser realizadas periodicamente. Neste sentido, importa referir as principais tarefas de manutenção deste projeto:

- Verificar o correto funcionamento dos dispositivos de segurança;
- Verificar a tensão e o estado de conservação da correia do transportador;
- Verificar e reapertar os parafusos das ligações dos elementos da estrutura;
- Limpeza do equipamento;
- Ensaios e testes de verificação do bom funcionamento, em modo manual.

No anexo III encontra-se o plano detalhado de manutenção preventiva.

3.8.2 Limpeza

Não é expectável que haja a acumulação de resíduos nas imediações do equipamento, contudo o ambiente pode originar a necessidade de uma limpeza periódica. O

equipamento contém material sensível e salienta-se que este não está preparado para aplicação direta de água ou a utilização de produtos de limpeza agressivos. Deste modo, deve optar-se sempre por utilizar panos de limpeza livres de qualquer tipo de resíduos. Caso seja necessário deslocar alguma proteção de segurança para limpeza ou manutenção, estas devem ser repostas no devido lugar antes da utilização do equipamento.

3.9 Análise FMEA e análise de risco

3.9.1 Análise FMEA

A análise *Failure and Effects Analysis* (FMEA) baseia-se no estudo de potenciais falhas que podem ocorrer num determinado equipamento/mecanismo, logo, é imprescindível a perceção do correto funcionamento do mesmo. Esta análise visa determinar o efeito de cada falha sobre as restantes peças do equipamento/mecanismo. Na fase de projeto, a análise FMEA é uma ajuda no desenvolvimento do equipamento, pois reduz os riscos de falhas.

Numa fase inicial, será feito um levantamento de todas as situações possíveis que possam originar algum tipo de falha. Para a análise FMEA, serão atribuídos níveis aos parâmetros correspondentes a:

- Severidade (ver Tabela 33);
- Detecção (ver Tabela 34);
- Ocorrência (ver Tabela 35).

Tabela 33 - Níveis de severidade

Efeito	S (severidade)	Class.
Perigoso – sem aviso	Índice muito elevado quando o modo de falha afeta a segurança na operação ou envolve não conformidade. A falha ocorre sem aviso prévio.	10
Perigoso – com aviso	Índice muito elevado quando o modo de falha afeta a segurança na operação ou envolve não conformidade. A falha ocorre com aviso prévio.	9
Muito elevado	Item inoperável, perda da função primária.	8
Elevado	Item operável, com nível de desempenho reduzido, cliente bastante insatisfeito.	6-7
Baixo	Item operável, mas com nível de desempenho um pouco reduzido. Acabamento, chiado ou barulhos não conforme, defeito notado pela maioria dos clientes.	5
Muito baixo	Item operável, mas com nível de desempenho um pouco reduzido. Acabamento, chiado ou barulhos não conforme, defeito notado por 50% dos clientes.	4
Pequeno	Item operável, mas com nível de desempenho um pouco reduzido. Acabamento, chiado ou barulhos não conforme, defeito notado por menos de 25% dos clientes.	2-3
Nenhum	Sem efeito perceptível	1

Tabela 34 - Níveis de detecção

D (detecção)	Class.
Quase impossível	10
Muito remota	9
Remota	8
Muito baixa	7
Baixa	6
Moderada	5
Moderadamente alta	4
Alta	3
Muito alta	2
Quase certa	1

Tabela 35 - Níveis de ocorrência

Possibilidade de falha	Probabilidade da ocorrência	Class.
Muito elevada	>1 em 2	10
	1 em 3	9
Elevada	1 em 8	8

	1 em 20	7
Moderada	1 em 80	6
	1 em 400	5
	1 em 2000	4
Baixa	1 em 15000	3
Muito baixa	1 em 150000	2
Remota	1 em 1500000	1

A análise FMEA desenvolvida encontra-se no anexo IV.

3.9.2 Análise de riscos

Como referido na revisão bibliográfica, (Segurança e diretivas de máquinas) a segurança é um fator essencial para tornar os equipamentos seguros e garantir a integridade física dos trabalhadores. Deste modo, a análise de risco consiste numa série de etapas que estudam a possibilidade de ocorrer um acidente e o seu grau de severidade para uma determinada máquina. Na Tabela 36 verifica-se o resultado respeitante ao estudo da análise de risco.

Tabela 36 - Análise de risco

Identificação da operação	Risco Associado			Estimativa do Risco					Prioridade de intervenção	Medidas preventivas
	Tipo	Origem	Consequência	PO	FE	S	NP	Risco		
Instalação material elétrico	Elétrico	Contacto direto com partes ativas	Choque elétrico	5	2,5	15	1	187,5	Situação a corrigir	Proteção das partes ativas
Instalação material elétrico	Elétrico	Contacto indireto com partes ativas	Choque elétrico	5	2,5	15	1	187,5	Situação a corrigir	Projeto elétrico de acordo com a EN 60204-1
Movimento do transportador	Mecânico	Movimento do transportador	Entalamento/esmagamento	5	2,5	3	1	37,5	Não existe necessidade de intervenção	Existência de chapa protetora que impossibilita o acesso à transmissão
Movimento do tabuleiro	Mecânico	Movimento do tabuleiro	Entalamento/esmagamento	8	2,5	8	1	160	Situação a corrigir	Existência de barreira luminosa de segurança

Movimento da ponte de corte	Mecânico	Movimento da ponte de corte	Entalamento/esmagamento	5	2,5	0.5	1	6,25	Não existe necessidade de intervenção	Deslocação só acontece quando porta de segurança está devidamente fechada (com acionamento do botão de pressão)
Geral	Elétrico	Falha energia elétrica	Esmagamento	15	2,5	15	1	562,5	Situação a corrigir urgente	Servomotores com travão

3.10 Construção dos equipamentos/operação

As soluções encontradas para os vários problemas deste projeto foram desenvolvidas de forma a garantir o menor número de operações possíveis no fabrico, considerando o maior número de componentes *standard* existentes no mercado. Contudo, existem componentes específicos que terão de ser fabricados para a concretização deste projeto. Durante a descrição do projeto (capítulo 3.6.1 Projetos mecânicos), foram referenciados os componentes específicos bem como os materiais para a sua produção. Estes foram selecionados respeitando os esforços a que estão sujeitos, bem como a função a que se destinam. O material que predomina nos componentes fabricados é o aço S235JR, pois este respeita as condições anteriores, bem como a facilidade na aquisição e processamento.

3.10.1 Sequência de montagem

As soluções propostas podem ser realizadas separadamente e de acordo com os desenhos para posterior montagem na máquina. No sentido de diminuir o tempo de paragem do equipamento, este processo de preparação torna-se fulcral, pois torna a montagem simples e rápida. Após finalizados os diferentes elementos, estes devem ser montados na máquina, não respeitando uma ordem indicada, mas sim uma prioridade conforme os objetivos da empresa.

É importante que, no final de cada montagem, o equipamento novo seja operado e programado em modo manual, evitando assim possíveis colisões.

3.10.2 Sequência de operação

A operação da máquina ou do equipamento é feita através de um PLC existente, que se encontra na zona de trabalho automático do operador (Figura 144).

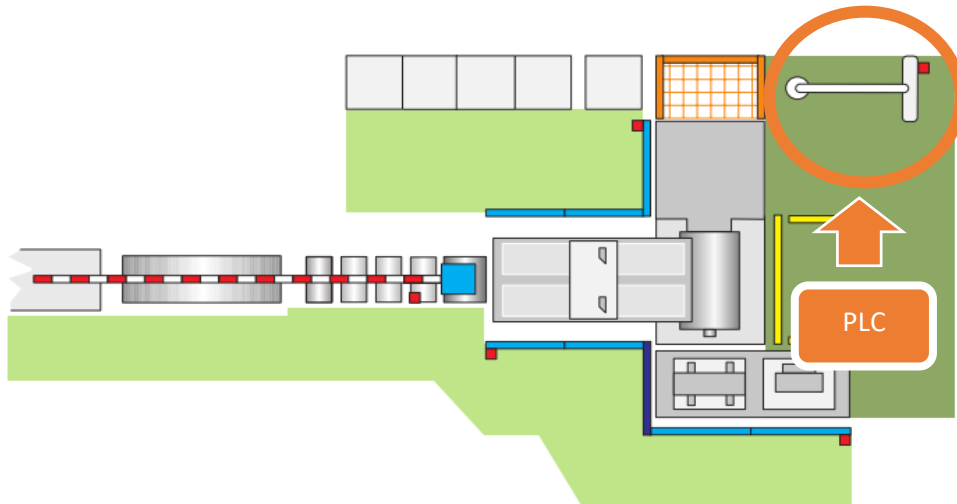


Figura 144: Localização do PLC

Quando ligada a máquina no quadro geral, é iniciado o programa de trabalho, aparecendo o menu principal com várias opções de controlo manual, ver Figura 145.

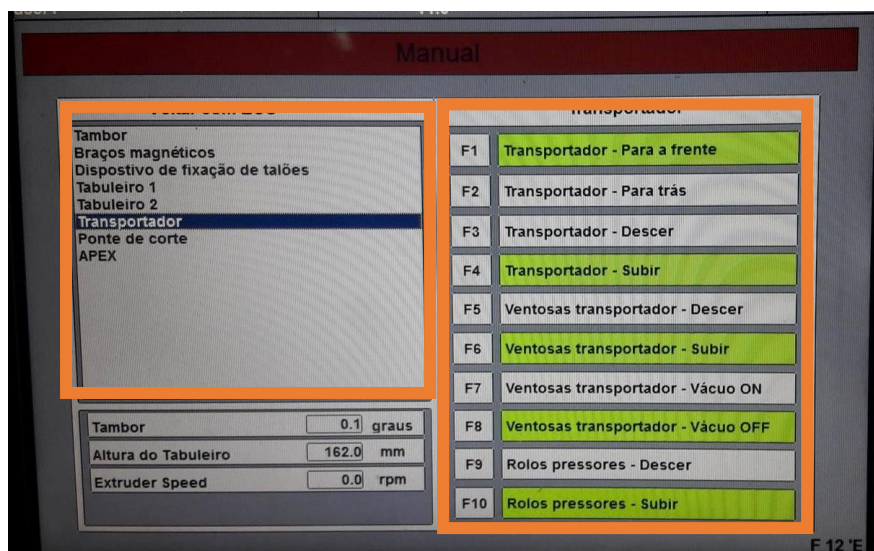


Figura 145: PLC no modo manual

O retângulo esquerdo serve para selecionar qual o processo a controlar, enquanto o retângulo direito permite controlar os acionadores de forma individual.

Na Figura 146 observa-se um exemplo do processo que consiste no controlo dos movimentos do tabuleiro (onde F1 corresponde ao bloqueio do tabuleiro, F2 serve para desbloquear, F3 e F4 permitem o movimento total de subida e descida, respetivamente, e F5 e F6 adequam a altura do próprio tabuleiro).

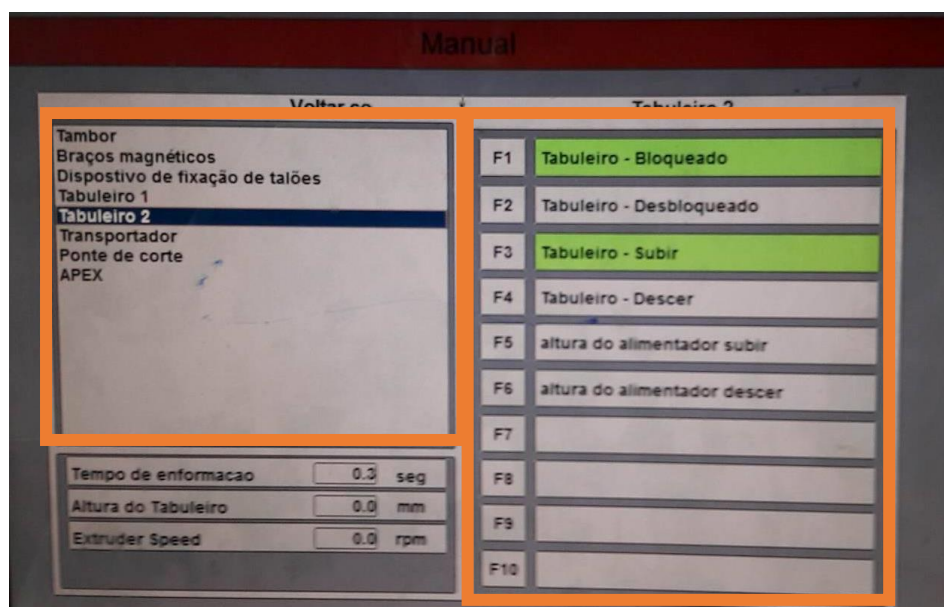


Figura 146: PLC no modo manual de ajuste do tabuleiro

Um exemplo de outro processo é o de ajuste da ponte de corte (Figura 147), onde F1 tem como finalidade bloquear a ponte e F2 desbloquear. F3 e F4 servem para descer ou subir o suporte das lâminas, enquanto F5 e F6 são responsáveis pelo baixar das lâminas. Relativamente às teclas F7 e F8, estas efetuam o corte do material, baixando ou subindo as lâminas.

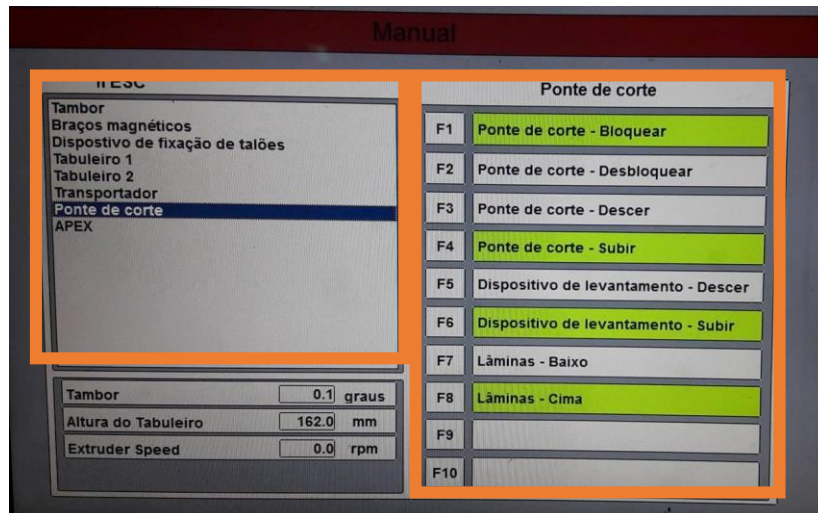


Figura 147: PLC modo manual ponte de corte

Por fim, na Figura 148 observa-se o processo do transportador, onde é bem visível as inúmeras possibilidades. Devendo realçar F1 e F2 que são duas opções centrais para movimentar o transportador para a frente e para trás, respetivamente.

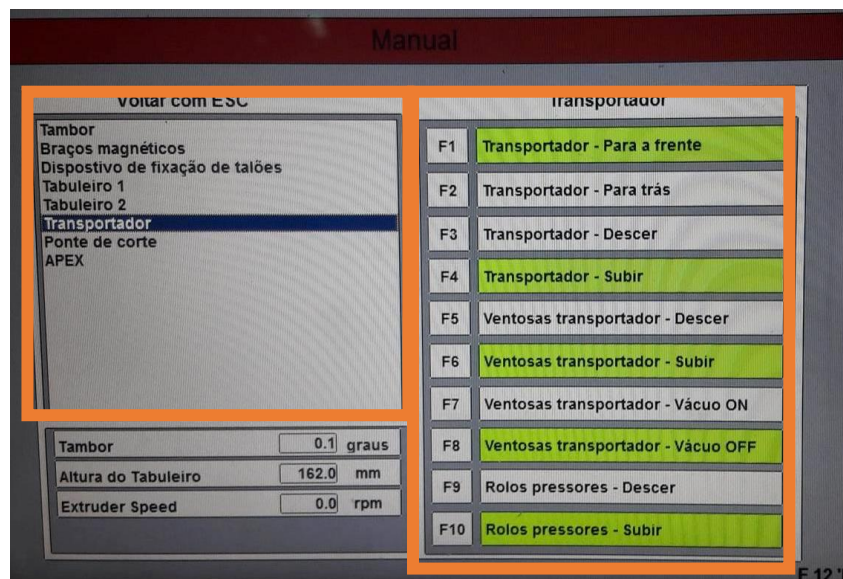


Figura 148: PLC no modo manual de operação do tapete transportador

Em modo manual, salienta-se que o equipamento está limitado no que respeita à segurança, podendo ocorrer colisões. Esta operação deverá ser efetuada por pessoal

qualificado. Quando passado o controlo para automático, o menu será diferente, como se pode ver na Figura 149.



Figura 149: PLC no modo automático

Nesta situação, é possível observar a quantidade de material nos quatro *loops*, bem como possíveis erros. Quando surge algum erro, este deve ser corrigido pelo operador ou pelo pessoal da manutenção. Após a retificação e depois de carregar no botão *RESET* do PLC, o erro desaparece. São também visíveis na parte inferior do PLC, os pequenos ajustes permitidos ao operador, da tecla F1 à tecla F4, as teclas F6, F10 e F12, existindo botões disponíveis para os pequenos ajustes no controlo da velocidade dos dois servomotores.

Na Figura 150 observa-se a informação que é visível ao operador no PLC, o tempo de cada ciclo, a receita que está a produzir e a quantidade de peças já efetuada.

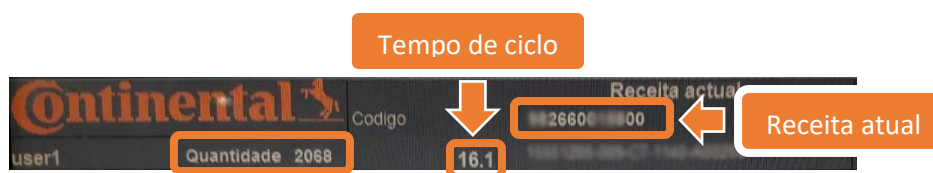


Figura 150: Informação disponível no PLC para o operador

3.11 Análise SWOT global e ações de melhoria

3.11.1 Análise SWOT global

No capítulo 3.2.6, e como análise do equipamento em estudo, a ferramenta SWOT permitiu a indicação e confronto de ideias de cada um dos aspetos ponderados (os pontos fortes, os pontos fracos, as oportunidades e as ameaças). Após a resolução dos problemas, é possível realizar uma nova análise SWOT como corroboração das melhorias alcançadas.

Tabela 37 – Análise SWOT do equipamento

Pontos Fortes	Pontos Fracos	Oportunidades	Ameaças
Robustez	Reduzido número de avarias	Melhoria contínua	
Fiabilidade		Investimento	
Precisão/ Controlo			

Como se pode verificar na Tabela 37, os pontos fortes da máquina centram-se essencialmente na robustez, fiabilidade e precisão, pois foi este um dos requisitos principais para as soluções dos problemas encontrados. Já os pontos fracos merecem um olhar mais atento, ainda que o número de avarias seja bastante mais reduzido, estas ainda podem ocorrer devido à imprevisão pela implementação ainda estar estudo pela empresa. Quanto às oportunidades, continuam a poder encontrar-se os dois pontos iniciais, nomeadamente a melhoria contínua e o investimento. Sem estes dois aspetos, a máquina fica ultrapassada, “velha” em termos tecnológicos. Tal como na análise SWOT inicial, não há ameaças a registar neste equipamento.


3.11.2 Ações de melhoria

Como em todos os projetos, há sempre melhorias possíveis na ótica de tornar mais eficazes os equipamentos, aumentando assim a sua qualidade e produtividade. Deste modo, este projeto neste momento não carece de melhorias, contudo, e com os avanços tecnológicos, é importante uma atualização constante que permita que a máquina possibilite a produtividade e qualidade requeridas a cada momento.








3.12 Lista de peças

A Tabela 38 representa todos os componentes utilizados para a construção das diferentes soluções na máquina Apex. Esta tabela está dividida em duas partes: material elétrico e estrutural. Cada parte tem quatro colunas, a figura do respetivo componente, a designação, o fabricante com a respetiva referência e a localização da implementação.

Tabela 38 – Lista de peças

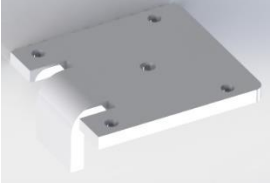

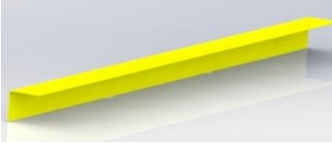



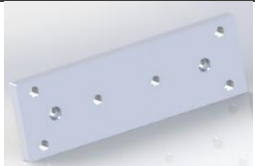

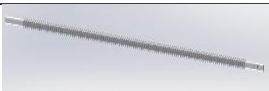
Figura do Componente	Designação	Fabricante e referência	Localização
Material Elétrico			
	Unidade de controlo	Siemens Ref: 6SL3040-1MA01-0AA0	Quadro elétrico

	Módulo de segurança	Siemens Ref: 6SL3053-0AA00-3AA0	Quadro elétrico
	Módulo de interface ativo com módulo de linha ativo	Siemens Ref: 6SL3130-6AE15-0AB1	Quadro elétrico
	Módulo de motor duplo	Siemens Ref: 6SL3120-2TE15-0AA4	Quadro elétrico
	Cabos de sinal	Siemens Ref: 6FX2002-1DC00-1AB0	Quadro elétrico
	Motor mov. transportador	Siemens 1FK7044-4CF71-1QH1-Z-J09	Transportador
	Motor mov. tabuleiro	Siemens 1FK7062-2AF71-1BH1-Z J15	Tabuleiro

	Encoder	Tr-electronic Ref: CEV-65M	Ponte de corte
	Sensor de banda	Erhardt+Leimer Ref: FR 6011	Largura da cunha
	Cabo blindado de alimentação	Erhardt+Leimer Ref: STD 018-73	Largura da cunha
	Controlo posição	Erhardt+Leimer Ref: VA 6011	Largura da cunha
	Módulo conversor	Erhardt+Leimer Ref: ZC 4061 CAN	Largura da cunha
	Interface entre sensor e conversor	Erhardt+Leimer Ref: DI B000 can	Largura da cunha
	Coluna de sinalização	Schneider Electric Ref: XVMB2R5A5GSB	Largura da cunha

	Cortina de luz	SICK Ref: C4000	Segurança
	Botão de emergência	Schneider Electric Ref: ASISSLB4	Segurança
	Botão luminoso branco \varnothing 22	Schneider Electric Ref: XB4BV41	Segurança
	Botão de pressão \varnothing 30 verde	Schneider Electric Ref: 9001KR1GH5	Segurança
	Botoneira	Siemens Ref: 3SB3804-2AA3	Segurança
	Fecho segurança	Schmersal Ref: AZM 161SK-12/12Rk-024	Segurança
Material estrutural			
	Módulo EMC	Bosch RexRoth EMC-080-NN-2-52	Tabuleiro

	Suporte fixação superior	Maquinado	Tabuleiro
	Caixa reduzora	Alpha Ref: SP+ 075MF 1- stage	Transportador
	Caixa reduzora	Alpha Ref: SP+ 140MF 1- stage	Tabuleiro
	Polia	Brecoflex Ref: LS 50 AT10/27-2 HUB 60×10	Transportador
	Rolamento	Schaeffler Ref: 61905-2RSR	Transportador
	Correia	Brecoflex Ref: AT 10	Transportador
	Anel elástico (freio)	AnelBras Ref: A25/DIN471	Transportador
	Ponte	Laser e quinagem	Transportador
	Tensor 1	Laser	Transportador

	Tensor 2	Laser e quinagem	Transportador
	Suporte fixação ponte	Laser e quinagem	Transportador
	Ponte segurança	Laser e quinagem	Transportador
	Veio	Maquinado	Transportador
	Conexão 1	Maquinagem	Transportador
	Conexão 2	Maquinagem	Transportador
	Conexão 3	Maquinagem	Transportador
	Guia linear com carro	INA Ref: KUVE25-B	Tabuleiro
	Fuso	Maquinado	Ponte de corte

	Acoplamento elástico	E+W Ref: EK2 20	Ponte de corte
	Barra suporte	Laser e quinagem	Largura da cunha
	Suporte mesa Apex	Laser, quinagem e soldadura	Mesa Apex

3.13 Implementação das soluções

Todo este projeto ainda se encontra em estudo pela empresa para uma implementação a curto prazo. No entanto, duas das melhorias sugeridas foram já executadas, dada a sua premência. Na Figura 151 observa-se o suporte fixo na mesa de trabalho que permite aos trabalhadores uma maior organização e eficácia deste local. Na Figura 152 já se pode verificar a aplicação do sensor de banda na máquina Apex 12, que todavia ainda não se encontra a trabalhar, estando para breve a sua colocação em funcionamento.



Figura 151: Suporte fixo na mesa de trabalho das Apex



Figura 152: Sensor de banda aplicado na Apex 12

CONCLUSÕES

4 CONCLUSÕES

O trabalho desenvolvido no âmbito de todo o projeto realizado na Continental Mabor pretendeu conhecer os problemas que dão origem a um número elevado de avarias nas Apex e conseqüentemente analisar quais as soluções mais exequíveis e rentáveis para a empresa. O projeto assentou essencialmente na otimização de um processo já existente numa Apex anteriormente automatizada, mas ainda com muitos componentes mecânicos que resultam num aumento de imprevisibilidade e diminuição dos parâmetros de qualidade, fiabilidade e precisão.

Posteriormente a uma análise SWOT e estudo de avarias, conclui-se que é emergente uma intervenção no movimento do transportador, no movimento do tabuleiro, automatizar a ponte de corte e atualizar os dispositivos de segurança. Salienta-se que as soluções encontradas centram-se na aplicação de sistemas servo motorizados e de um *encoder* para a ponte de corte. Contudo, estas são soluções em estudo de disponibilidade orçamental, que a empresa pretenderá implementar a curto prazo.

Com a implementação das soluções encontradas em conjunto com a empresa, é expectável que:

- O número de avarias seja reduzido a zero, se o plano de manutenção for devidamente concretizado;
- O tempo de *setup* será também diminuído pela supressão dos ajustes manuais e pela possibilidade de regular a velocidade do servo motor. A automatização da ponte de corte também permite uma diminuição do tempo de *setup* (mudança do tipo de jante);
- Os custos energéticos serão reduzidos pela abolição de fugas de ar e consumo de ar comprimido, assim como pela substituição de componentes pneumáticos para componentes eletromecânicos;
- A mesa de trabalho organizada permite um ambiente mais harmonioso e estruturado.

Neste sentido, é possível afirmar que os objetivos foram claramente cumpridos e que neste momento a empresa está a ponderar a aplicação completa deste projeto, ainda que duas das soluções sugeridas já tivessem sido implementadas.

Todas as sugestões projetadas seguem os requisitos legais, nomeadamente a aplicação dos requisitos da Diretiva Máquinas.

Concluindo, este projeto promoveu um estudo detalhado de todas as aprendizagens adquiridas no percurso académico e permitiu o crescimento, tanto a nível profissional como pessoal. O trabalho de equipa na empresa Continental Mabor contribuiu em muito para a aprendizagem e para vivências significativas.

“A única maneira de fazer um grande trabalho é amar o que se faz”

Steve Jobs

**BIBLIOGRAFIA E OUTRAS FONTES
DE INFORMAÇÃO**

5 BIBLIOGRAFIA E OUTRAS FONTES DE INFORMAÇÃO

5.1 Bibliografia

Alapont, José Maria (2005). *Driving Global Profitable Growth*. Michigan: Federal Mogul.

Araújo, Walter (2014). *Optimização do processo semiautomático de fabrico de componentes para automóveis*. Dissertação de Mestrado em Engenharia Mecânica. Instituto Superior de Engenharia do Porto, 2014.

Borges, F. (2008). *“O que é um PLC - Centro de formação, Schneider Electric Portugal.”*

Brito, Carlos (1998). *A Insustentável Leveza do Marketing*. Dissertação de Mestrado: Faculdade de Economia. Universidade do Porto, 1998.

Brito, Lídia Vanessa Oiveira (2011). *Organização da produção através da aplicação de ferramentas lean manufacturing numa empresa de produção de pneus*. Dissertação de Mestrado Integrado em Engenharia e Gestão Industrial. Universidade do Minho, 2011.

Costa, Mário (2014). *Optimização do processo de fabrico de componentes para a indústria automóvel*. Dissertação de Mestrado em Engenharia Mecânica. Instituto Superior de Engenharia do Porto, 2014.

Costa, Rui Daniel Vieira da (2012). *Projeto de Dispositivos de Produção e Montagem para a Indústria Automóvel e dos Plásticos*. Dissertação de Mestrado Integrado em Engenharia Mecânica. Universidade do Minho, 2012.

Decreto-Lei nº 103/2008. Diário da República 1ª Série – Nº 120 [24 de Junho de 2008] 3765-3759

Groover, Mikell P. (2000). *Automation, Production Systems, and Computer-Integrated Manufacturing*. Second Edition. s.l. : Prentice Hall, 2000.

Guimarães, Júlio (2013). *Process innovation and continuous improvement in a plastic*

industry of furniture polo of the serra gaucha. Revista Eletrônica Sistemas & Gestão, Volume 8, Número 1, pp 34–43.

Hu, Jack (2013). *Evolving Paradigms of Manufacturing: From Mass Production to Mass Customization and Personalization*. USA: Elsevier, 2013.

Inácio, M. J. (2009). *Engenharia de Controlo e Automação*.

INTELI (2005). *Diagnóstico da Indústria Automóvel*. Ministério Da Economia E Inovação, pp. 46.

Machinery, C. C. (2008). Manual de Instruções Equipamento Apex 16" - 24," 124. Informação Interna Conti Machinery.

Melo, Mário de (2009). *Robótica e Resolução de Problemas: Uma Experiência com o Sistema Lego Mindstorms no 12ºano*. Dissertação de Mestrado em Ciências da Educação. Universidade de Lisboa, 2009.

Melton, T. (2005). *The Benefits of Lean Manufacturing: What Lean Thinking has to Offer the Process Industries*. Chemical Engineering Research and Design , pp. 662-673.

Novais, José (1995). *Ar Comprimido Industrial - Produção, Tratamento e Distribuição*. (Fundação Calouste Gulbenkian).

OECD (2005). *Oslo Manual - Guidelines For Collecting And Interpreting Innovations Data*. 3rd edition. Paris.

Ohno, Taiichi (1988). *"O Sistema Toyota de Produção"* (Bookman). São Paulo.

Perneder, Raimund e Osborne, I. (2012). *Handbook Timing Belts: Principles, Calculations, Applications*.

Pinto, João Paulo (2008). *Lean Thinking - Introdução ao pensamento magro*. Comunidade Lean Thinking, pp. 159–163.

Reis, Luís Carlos P. B. (2001). *Factores Estratégicos de Desenvolvimento da Indústria de Componentes para Automóvel em Portugal - Os Determinantes da Qualidade das Empresas*. Mestrado em Engenharia e Gestão Tecnológica. Universidade Técnica de

Lisboa.

Rother, M. e Shook, J. (1999). *“Learning to see - Value Stream Mapping to create value and eliminate muda (Versão 1.2 ed.)”* (The Leans). Brookline, Massachusetts, EUA.

Silva, Filipe Ferreira da (2015). *Projeto Mecatrónico de um Equipamento para a Indústria Automóvel.* Dissertação de Mestrado Integrado em Engenharia Mecânica. Universidade do Minho, 2015.

Soares, Mário (2015). *Desenvolvimento de Sistemas Automáticos de Alimentação e Descarga de Injetora de Plásticos.* Dissertação de Mestrado em Engenharia Mecânica. Instituto Superior de Engenharia do Porto.

Ulrich, K. and Eppinger, S. (1995). *Product Design and Development.* Nw York: McGraw-Hill, 1995.

Womack, J. P., Jones, D. T. (1996). *“Lean Thinking: banish waste and create wealth in your corporation”* (Free Press). Nova Iorque.

Womack, J. P., Jones, D. T., Roos, D. (1990). *“The Machine That Changed The World”* (Ramson Ass). Nova Iorque.

Womack, J. P., Jones, D. T., Roos, D. (2007). *Machine That Changed The World* (Simon & Sc).

5.2 Outras Fontes de Informação

AICEP Portugal Global. (2014). Componentes para automóveis: Um motor para a economia. *Revista Portugalglobal*, 50. Retrieved from <http://www.portugalglobal.pt/PT/Paginas/RevistaPortugalglobal2.aspx>

Beckhoff. (2016). EtherCAT - Setting up the Bus Terminals. Retrieved May 24, 2016, from http://infosys.beckhoff.com/english.php?content=../content/1033/tcquickstart/html/tcquickstart_sample6.htm&id=

Continental. (2008). *Rubber Technology*.

de Oliveira, P. (2014). *Robótica: Introdução*. Retrieved from https://www.academia.edu/8286351/Introdu%C3%A7%C3%A3o_-_Conceitos_de_Rob%C3%B3tica_e_Rob%C3%B4

ENEI. (2013). *Estratégia Nacional de Investigação e Inovação para uma Especialização Inteligente 2014-2020*. Retrieved from https://www.fct.pt/esp_inteligente/docs/Automoveis_ENEI_Evora.pdf

FESTO. (2016). Sensores indutivos. Retrieved from https://www.festo.com/cat/pt-br_br/products_050501

Forave. (2010). *TPM - Pneumática*.

IAPMEI. (2016). A análise SWOT. Retrieved March 1, 2016, from www.iapmei.pt

Mabor, C. (2016). Intranet - Continental.

MEI. (2008). Decreto-Lei n.º 103/2008 de 24 de junho. Ministério da Economia e da Inovação;

Mencía, J. M. (2015). Tipos de motores eletricos. Retrieved May 24, 2016, from <http://pt.slideshare.net/jmmencia/presentacin-4-proyecto-bitabit-servomotores>

Neves, R. (2016). Continental Mabor com lucros de 243 milhões. *Jornal de Negócios*. Retrieved from http://www.jornaldenegocios.pt/empresas/detalhe/continental_mabor_com_lucros_de_243_milhoes.html

Nissan. (2007). Nissan celebra produção do novo Murano [Online]. Retrieved April 1, 2016, from <http://g1.globo.com/Noticias/Carros/0,,MUL189839-9658,00-NISSAN+CELEBRA+PRODUCAO+DO+NOVO+MURANO.html>

OICA. (2016). Production Statistics. Retrieved June 17, 2016, from <http://www.oica.net/category/production-statistics/>

Parker. (2013). *Assembly Instructions: Series P120, Series P210, and Series 2000*.

- Retrieved from
http://www.parkeroriga.com/pdf_cad/Series2000P120P210AssyInstructions.pdf
- Redactor. (2016). Nova gama de dispositivos lockout RS para uma maior segurança industrial. Retrieved February 5, 2017, from
<http://directorio.soloindustria.com/nova-gama-de-dispositivos-lockout-rs-para-uma-maior-seguranca-industrial/>
- Robótica, G. (2009). História da robótica. Retrieved April 1, 2016, from
<http://roboticagrupo4.blogspot.pt/2009/05/historia-da-robotica.html>
- SafeTe. (2016). Português bloqueio e isolamento etiquetas. Retrieved February 5, 2017, from
<https://portuguese.alibaba.com/product-detail/portuguese-lockout-and-isolation-tags-115415701.html>
- Salim, M. (2012). Os 10 países mais robotizados do mundo. Retrieved April 1, 2016, from
<http://exame.abril.com.br/economia/noticias/os-10-paises-mais-robotizados-do-mundo>
- Sick. (2014). Six Steps to a safe machine, 30.
- Silva, F. F. da. (2015). *Projeto Mecatrónico de um Equipamento para a Indústria Automóvel*. Universidade do Minho.
- Soares, M. C. (2016). Máquinas e Equipamentos. Retrieved September 19, 2016, from
<http://www.slideshare.net/mauriciosoares7583/mquinas-e-equipamentos-59217888>
- TReletronics. (2012). *Absolute-Encoder CEV 65 M - SSI*. Retrieved from
<http://www.trelectronic.com.tr/wp-content/uploads/2012/06/CEV-65-SSI.pdf>

ANEXOS

ANEXO I

ANEXO II

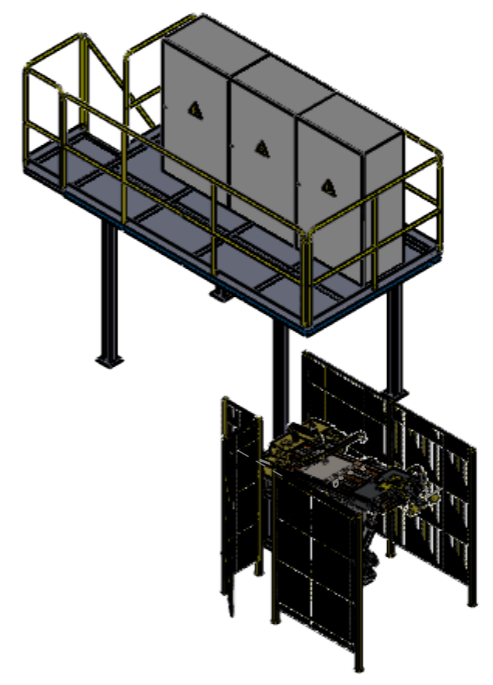
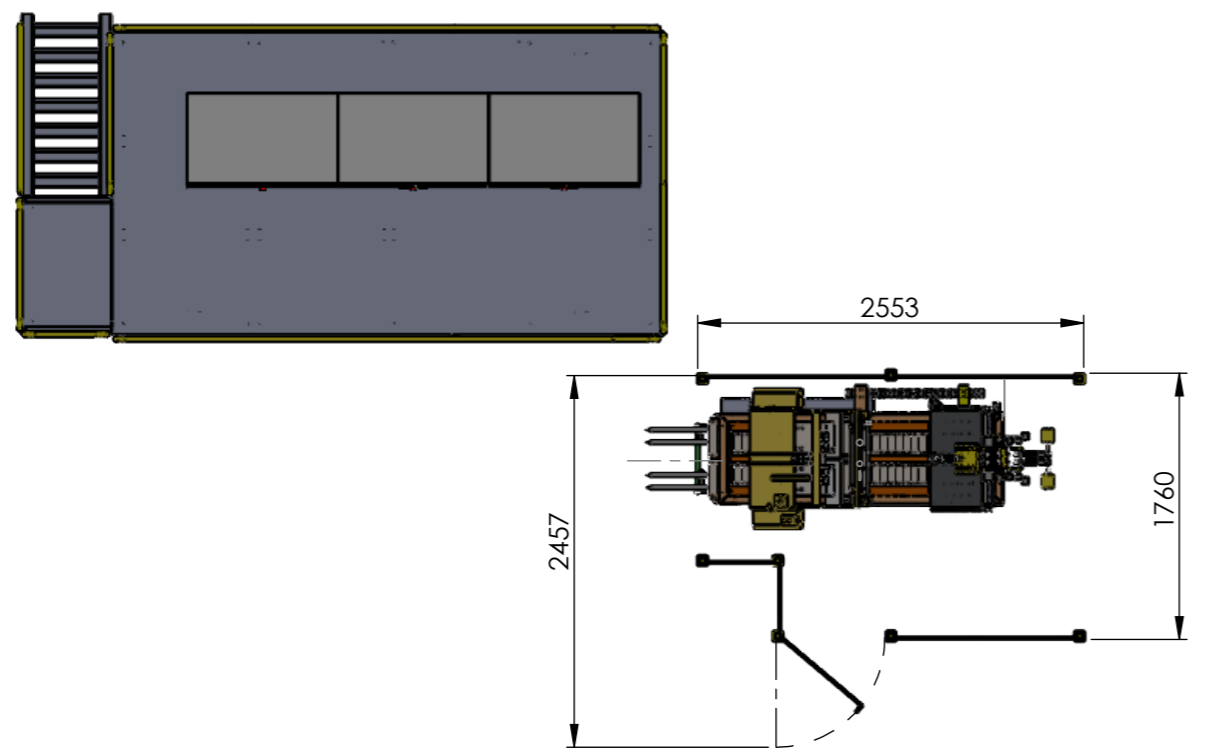
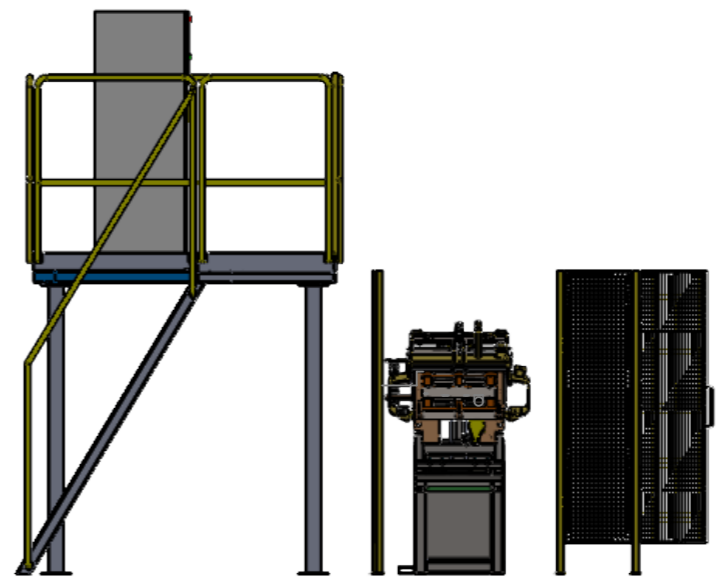
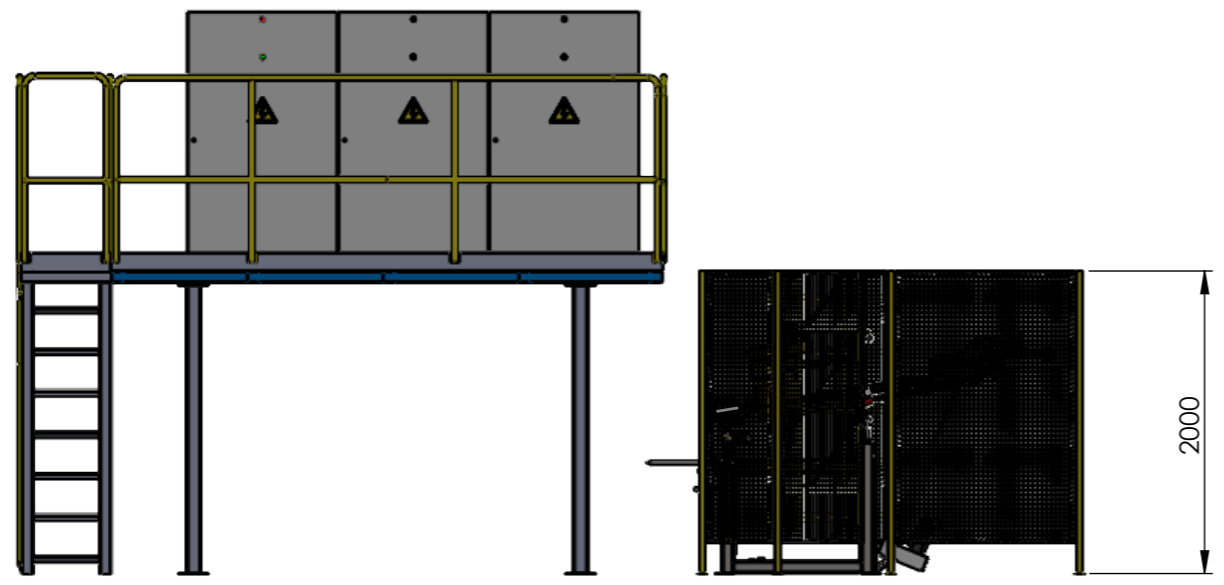
ANEXO III


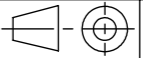
ANEXO IV

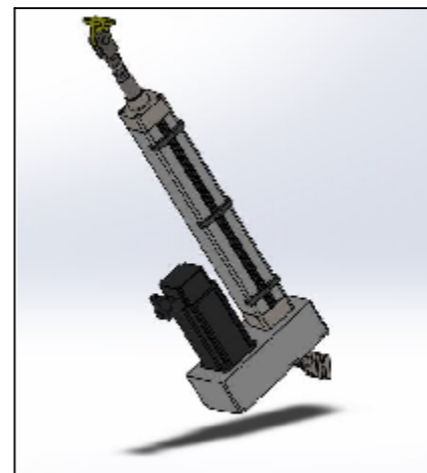
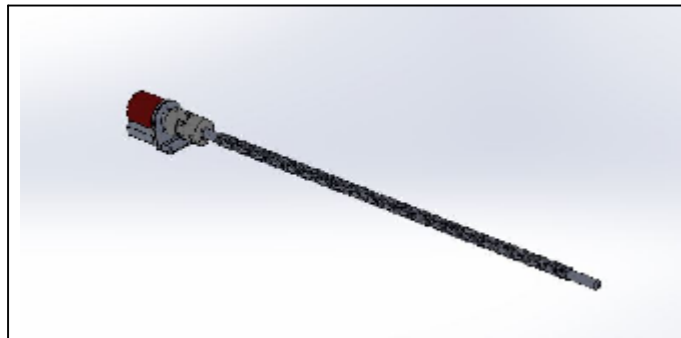
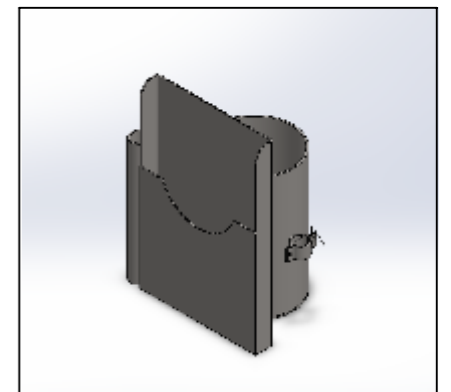
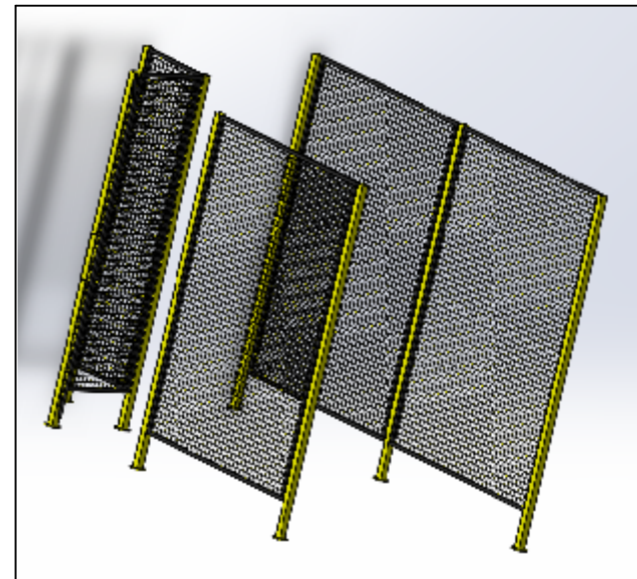
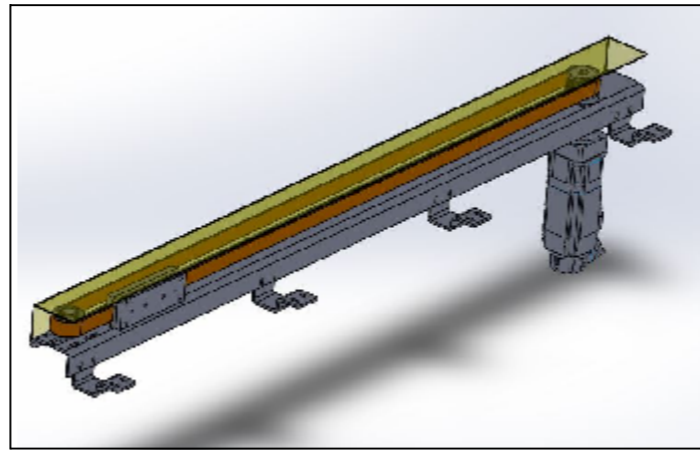
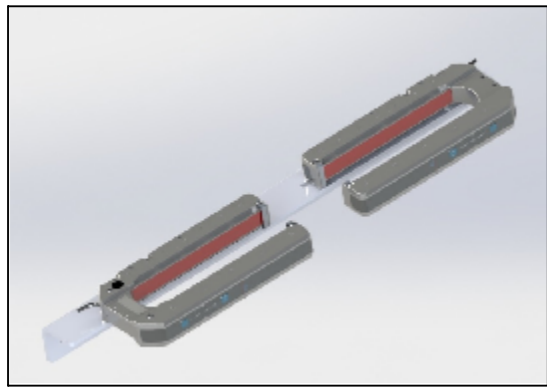
6 ANEXOS

6.1 Anexo I

DESENHOS



	Nome	Data	 Instituto Superior de Engenharia do Porto				Quantidade	1	
Des.	Rui Santos	22/03/2017					Massa (kg)	721.30	
Aprov.			ISO 2768	mK	Escala- 1:50		A3	Acabamento	
Nome	Vista geral da máquina						Dimensao		
Processo de fabrico							Desenho	_Tese_16__A000	



4

1

5

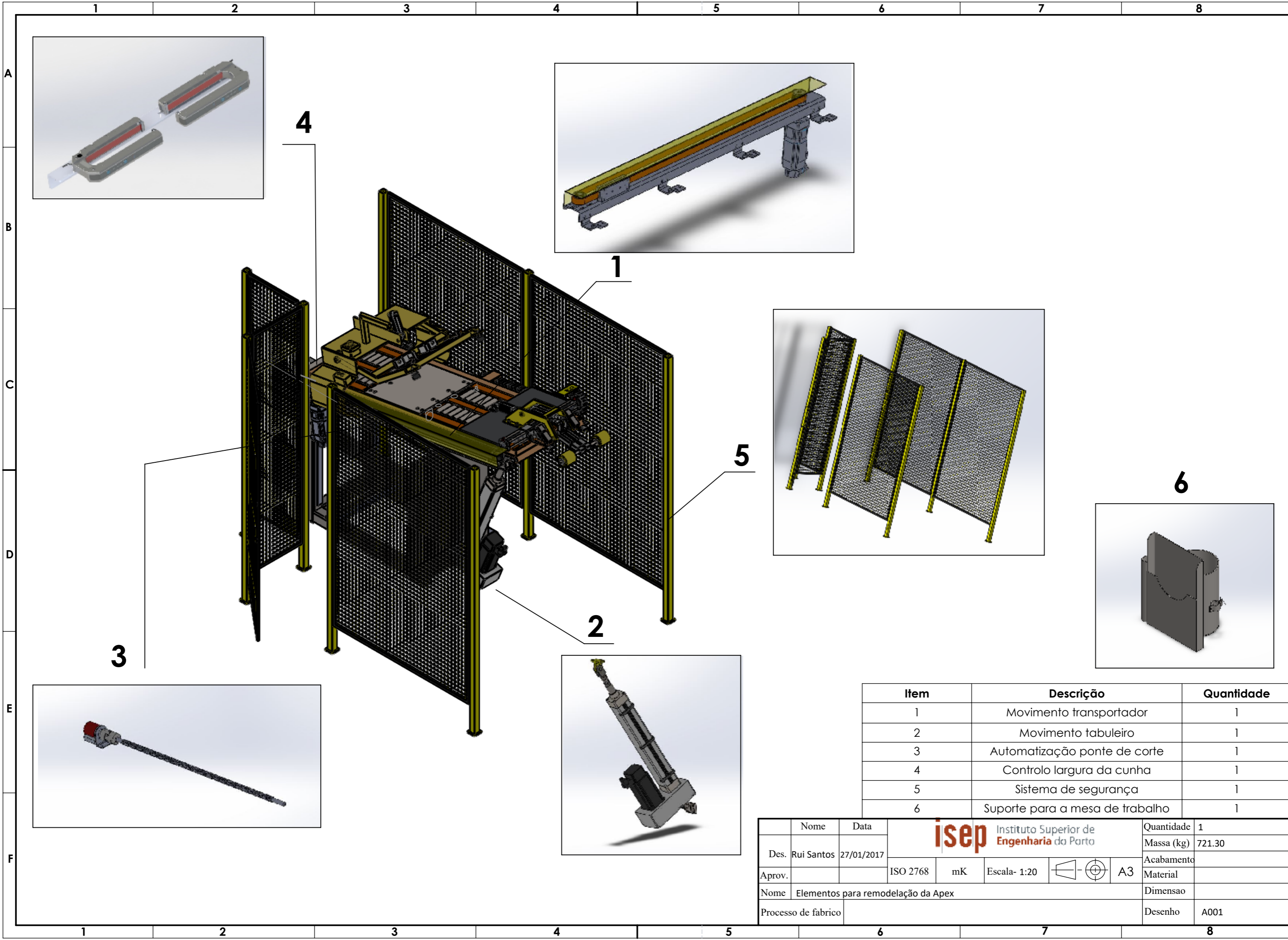
6

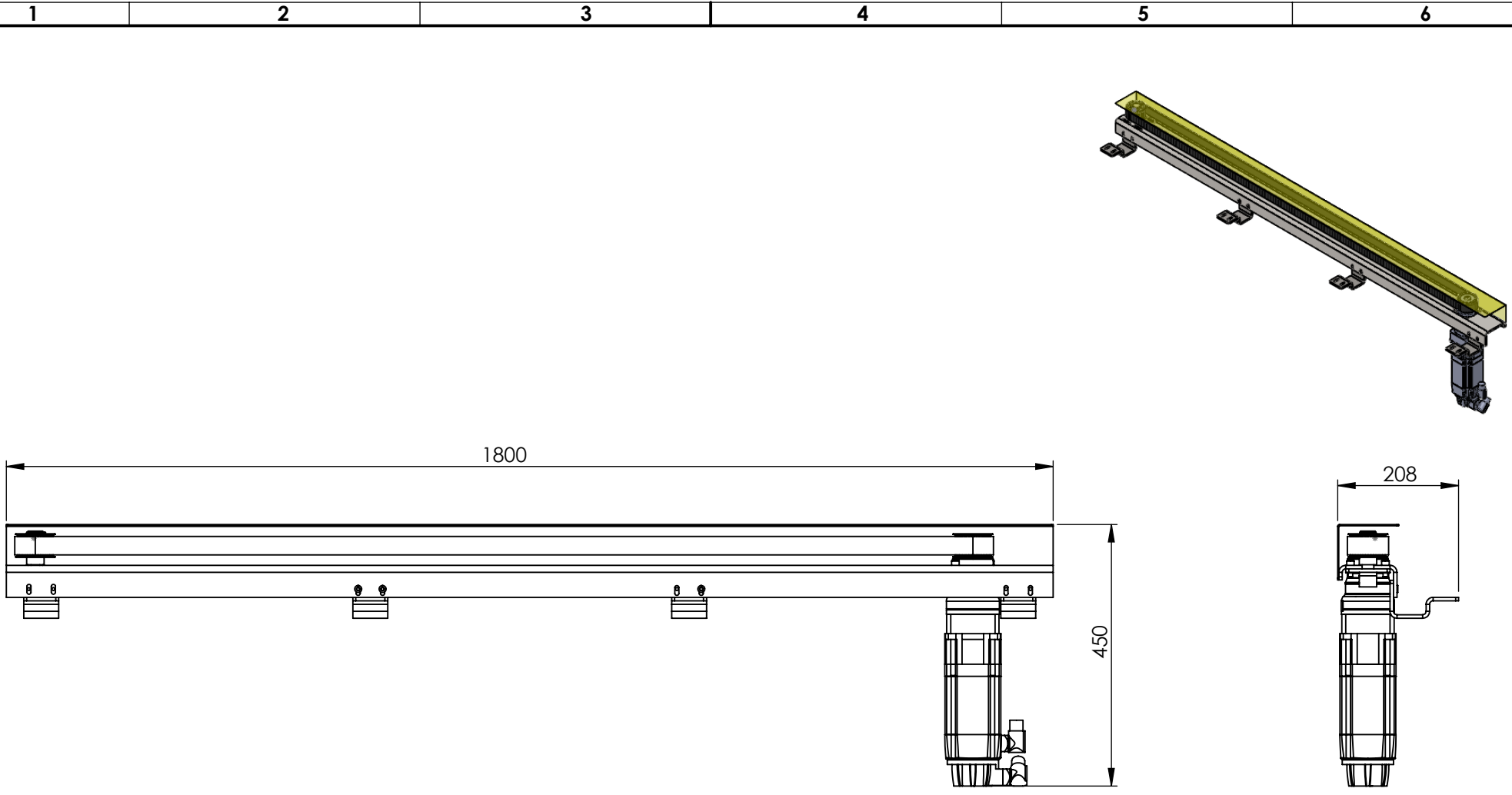
3



2

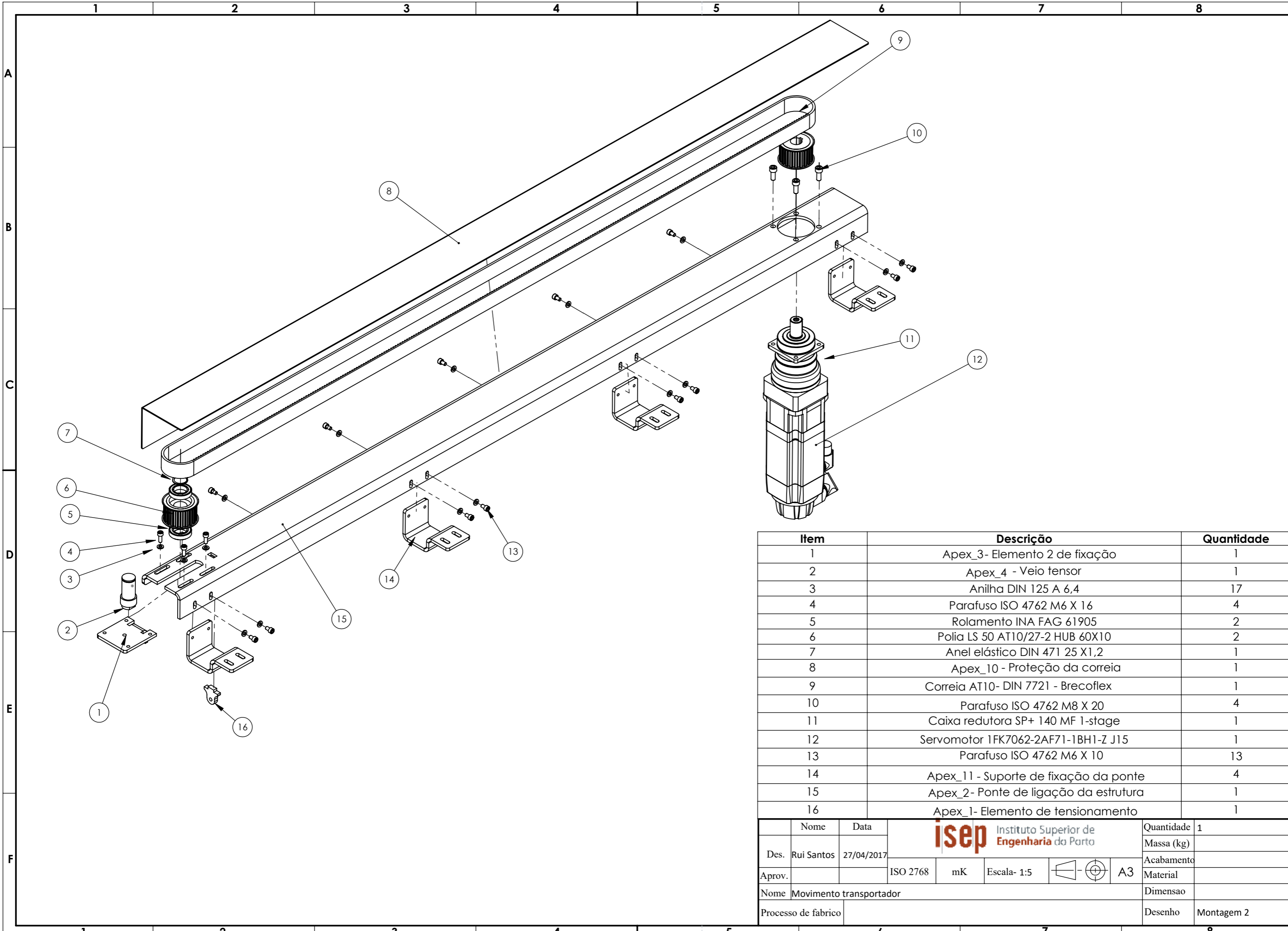
Item	Descrição	Quantidade
1	Movimento transportador	1
2	Movimento tabuleiro	1
3	Automatização ponte de corte	1
4	Controlo largura da cunha	1
5	Sistema de segurança	1
6	Suporte para a mesa de trabalho	1

Nome	Data		Quantidade	1
Des. Rui Santos	27/01/2017		Massa (kg)	721.30
Aprov.		ISO 2768	mK	Escala- 1:20
Nome	Elementos para remodelação da Apex			Dimensao
Processo de fabrico			Desenho	A001





	Nome	Data	 Instituto Superior de Engenharia do Porto				Quantidade	1
Des.	Rui Santos	23/02/2017					Massa (kg)	26.63
Aprov.			ISO 2768	mK	Escala- 1:10		A4	Acabamento
Nome	Conjunto movimento transportador						Material	
Processo de fabrico							Dimensao (mm)	
						Desenho	Montagem 2	



Item	Descrição	Quantidade
1	Apex_3- Elemento 2 de fixação	1
2	Apex_4 - Veio tensor	1
3	Anilha DIN 125 A 6,4	17
4	Parafuso ISO 4762 M6 X 16	4
5	Rolamento INA FAG 61905	2
6	Polia LS 50 AT10/27-2 HUB 60X10	2
7	Anel elástico DIN 471 25 X1,2	1
8	Apex_10 - Proteção da correia	1
9	Correia AT10- DIN 7721 - Brecoflex	1
10	Parafuso ISO 4762 M8 X 20	4
11	Caixa redutora SP+ 140 MF 1-stage	1
12	Servomotor 1FK7062-2AF71-1BH1-Z J15	1
13	Parafuso ISO 4762 M6 X 10	13
14	Apex_11 - Suporte de fixação da ponte	4
15	Apex_2- Ponte de ligação da estrutura	1
16	Apex_1- Elemento de tensionamento	1

Nome	Data		Quantidade	1
Des. Rui Santos	27/04/2017		Massa (kg)	
Aprov.		ISO 2768	mK	Escala- 1:5
Nome	Movimento transportador			Dimensao
Processo de fabrico				Desenho
				Montagem 2

1

2

3

4

5

6

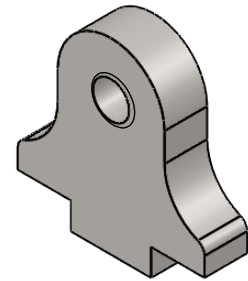
A

A

Ø 6,80 THRU ALL
M8 - 6H THRU ALL

R10

R10



B

B

25

R2

3,60

5

9 m7 ^{+0,021}/_{+0,006}

C

C



10

15 m7 ^{+0,025}/_{+0,007}

10

D

D

	Nome	Data	 Instituto Superior de Engenharia do Porto				Quantidade	1
Des.	Rui Santos	23/02/2017					Massa (kg)	0.04
Aprov.			ISO 2768	mK	Escala- 2:1		Acabamento	Pintura - RAL 5014
Nome	Elemento de tensionamento					Material	1.0037 (S235JR) - Chapa	
Processo de fabrico	Corte laser, furação e roscagem					Dimensao (mm)		
						Desenho	Apex_1	

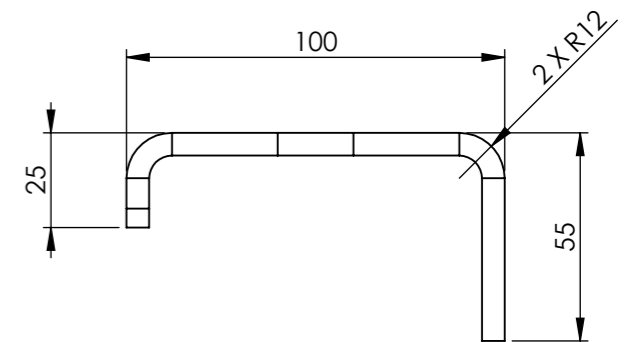
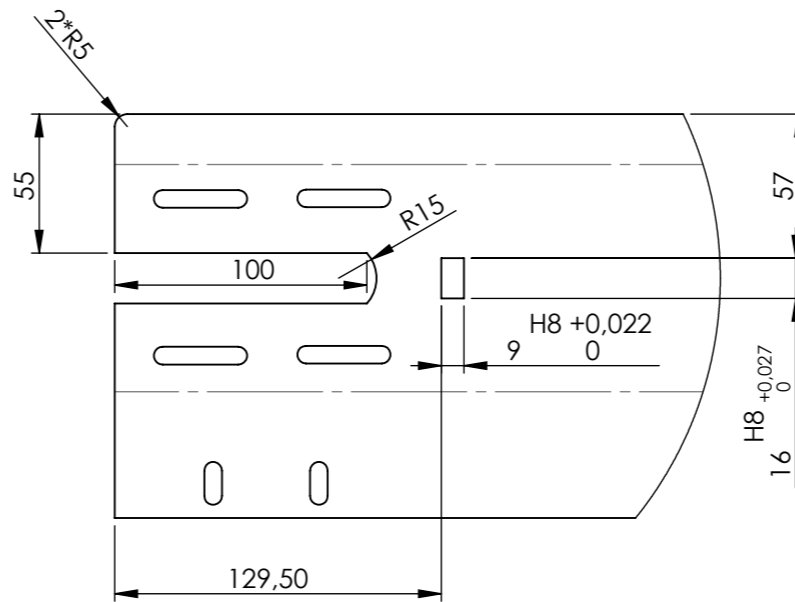
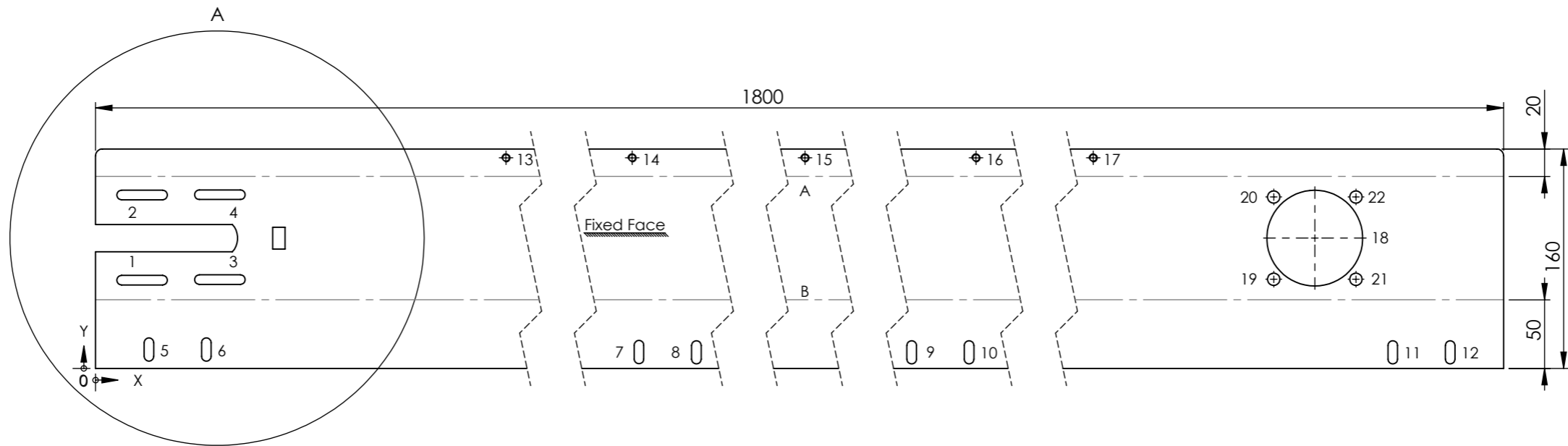
1

2

3

5

6



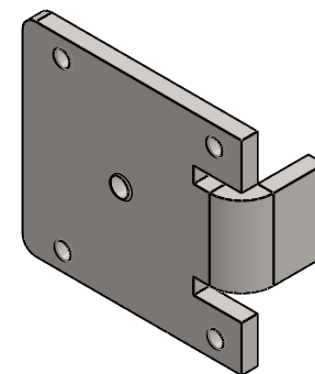
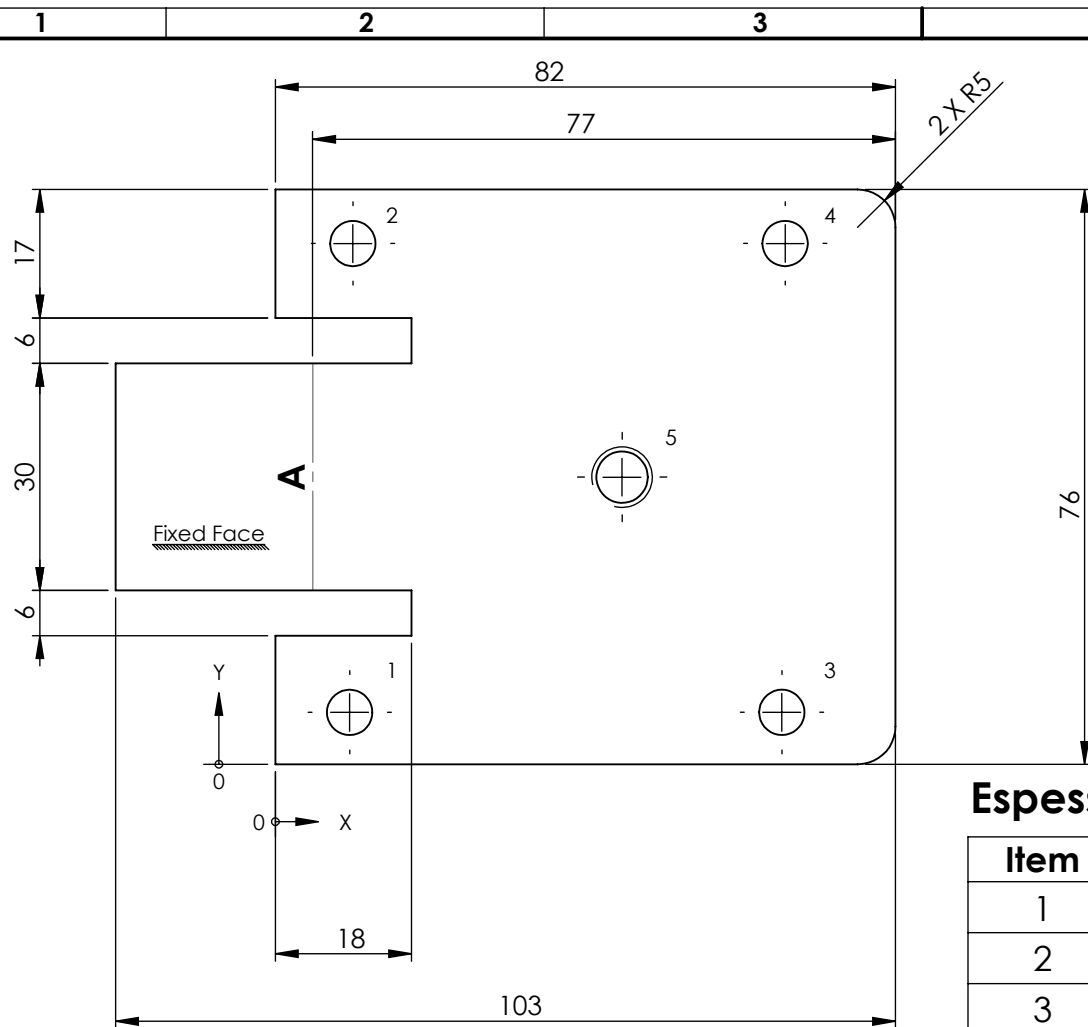
DETAIL A
SCALE 1 : 3

Espessura: 6 mm

Item	Direção	Ângulo	Raio interno
A	DOWN	90°	6
B	DOWN	90°	6

Item	Loc. X	Loc. Y	Tamanho
1	34	64,43	7 X 37
2	34	126,65	7 X 37
3	90,90	64,83	7 X 37
4	90,90	126,85	7 X 37
5	39,01	13,78	7 X 17
6	80,99	13,78	7 X 17
7	605,01	11,89	7 X 17
8	646,99	11,71	7 X 17
9	1153,01	11,71	7 X 17
10	1194,99	11,71	7 X 17
11	1719,01	11,71	7 X 17
12	1760,99	11,71	7 X 17
13	300	153,77	Ø 5 ∇ 20 M6 - 6H ∇ 12
14	600	153,77	Ø 5 ∇ 20 M6 - 6H ∇ 12
15	900	153,77	Ø 5 ∇ 20 M6 - 6H ∇ 12
16	1200	153,77	Ø 5 ∇ 20 M6 - 6H ∇ 12
17	1500	153,77	Ø 5 ∇ 20 M6 - 6H ∇ 12
18	1662	95,14	Ø 70 THRU
19	1631,95	65,09	Ø 9 ∇ 6
20	1631,95	125,19	Ø 9 ∇ 6
21	1692,05	65,09	Ø 9 ∇ 6
22	1692,05	125,19	Ø 9 ∇ 5,999

Nome	Data				Quantidade	1	
Des.	Rui Santos				16/03/2017	Massa (kg)	13.11
Aprov.		ISO 2768	mK	Escala- 1:5		Acabamento	Pintura - RAL 5014
Nome	Ponte de ligação da estrutura				Material	1.0037 (S235JR) - Chapa	
Processo de fabrico	Corte laser, furação e fresagem				Dimensao		
					Desenho	Apex_2	

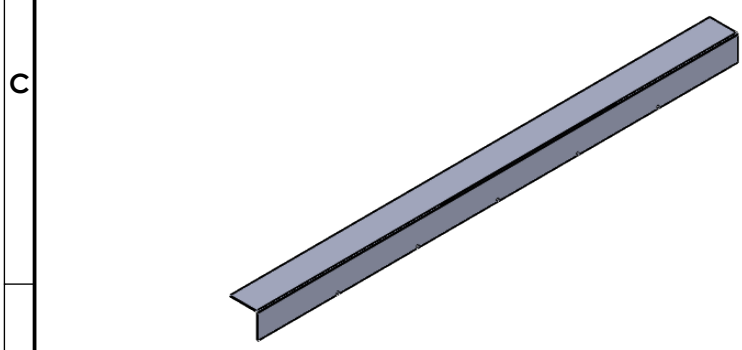
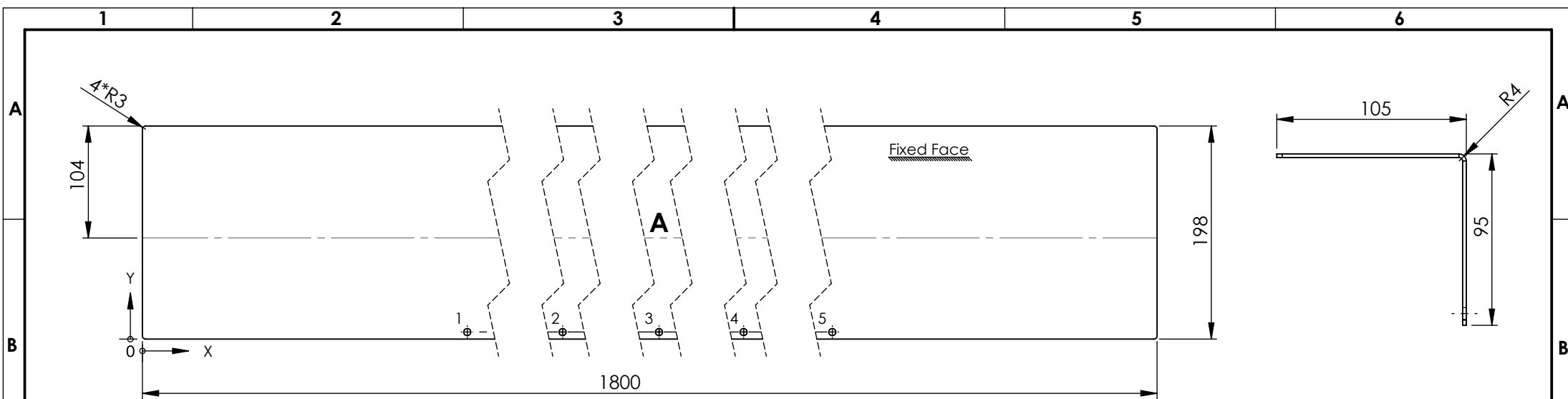


Espessura: 6 mm

Item	Loc. X	Loc. Y	Tamanho
1	9,82	6,85	Ø 6 THRU
2	10,25	68,86	Ø 6 THRU
3	66,98	6,86	Ø 6 THRU
4	67,41	68,86	Ø 6 THRU
5	45,85	37,96	Ø 6,800 ∇ 5,999 M8 - 6H ∇ 16

Item	Direção	Ângulo	Raio interno
A	UP	90°	6

Nome	Data		Quantidade	1			
Des.	Rui Santos 21/02/2017		Massa (kg)	0.30			
Aprov.		ISO 2768	mK	Escala- 1:1		Acabamento	Pintura - RAL 5014
Nome	Elemento 2 de fixação			Material	1.0037 (S235JR) - Chapa		
Processo de fabrico	Corte laser, quinagem, furação e roscagem			Dimensao (mm)			
			Desenho	Apex_3			

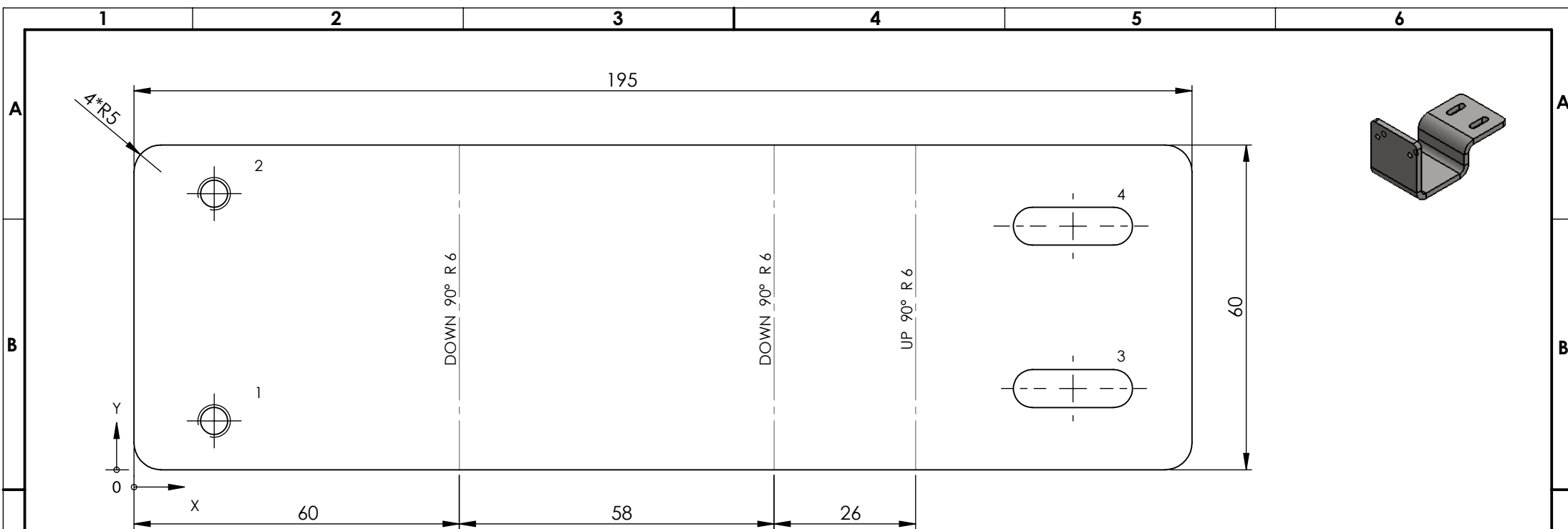


Espessura: 2 mm

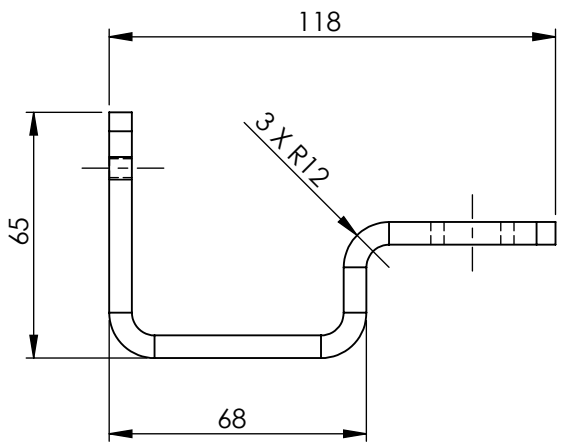
Item	Loc. X	Loc. Y	Tamanho
1	300	6,50	Ø 6,600 THRU
2	600	6,50	Ø 6,600 THRU
3	900	6,50	Ø 6,600 THRU
4	1200	6,50	Ø 6,600 THRU
5	1500	6,50	Ø 6,600 THRU

Item	Direção	Ângulo	Raio interno
A	DOWN	90°	2

Nome	Data					Quantidade	1
Des.	Rui Santos 23/02/2017					Massa (kg)	5.52
Aprov.		ISO 2768	mK	Escala- 1:5		Acabamento	Pintura - RAL 5014
Nome	Proteção da correia				Material	1.0037 (S235JR) - Chapa	
Processo de fabrico		Corte laser, quinagem e furação				Dimensao (mm)	
						Desenho	Apex_10

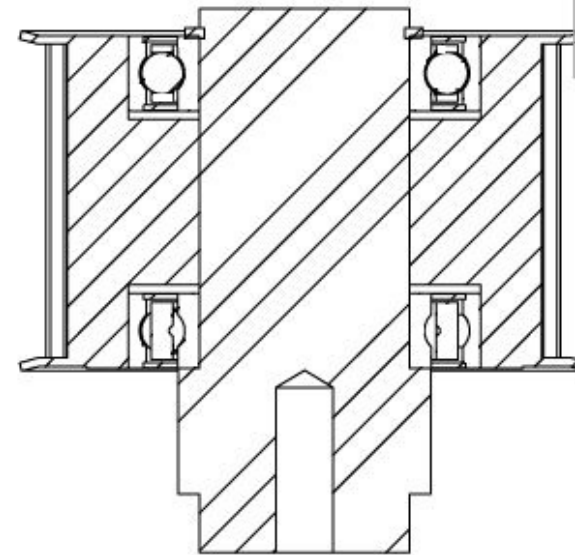
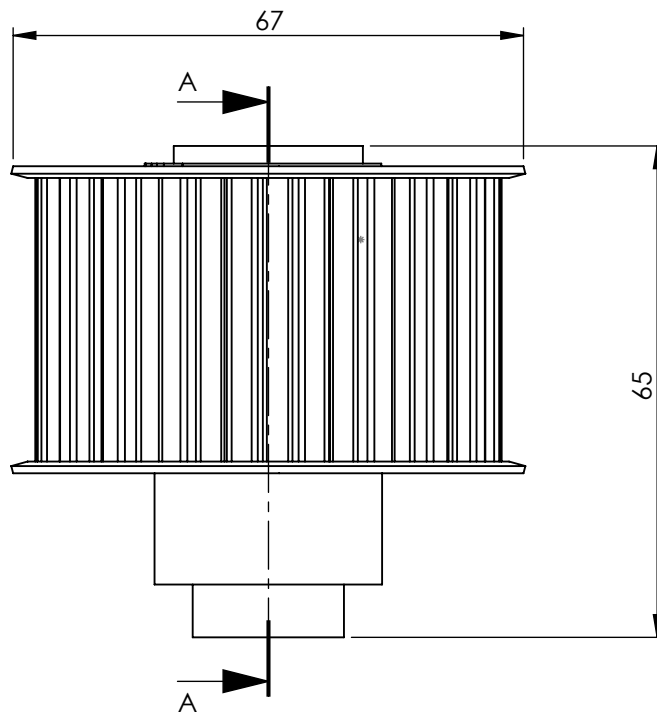


Espessura: 6 mm

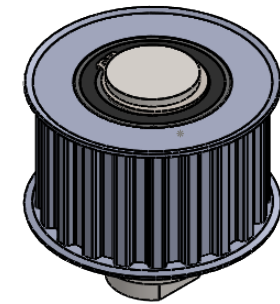



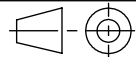
ITEM	Loc. X	Loc. Y	Tamanho
1	14,80	9,01	$\phi 5 \nabla 6$ M6 - 6H $\nabla 12$
2	14,80	50,99	$\phi 5 \nabla 5,999$ M6 - 6H $\nabla 12$
3	173,41	15	7 X 22
4	173,41	45	7 X 22

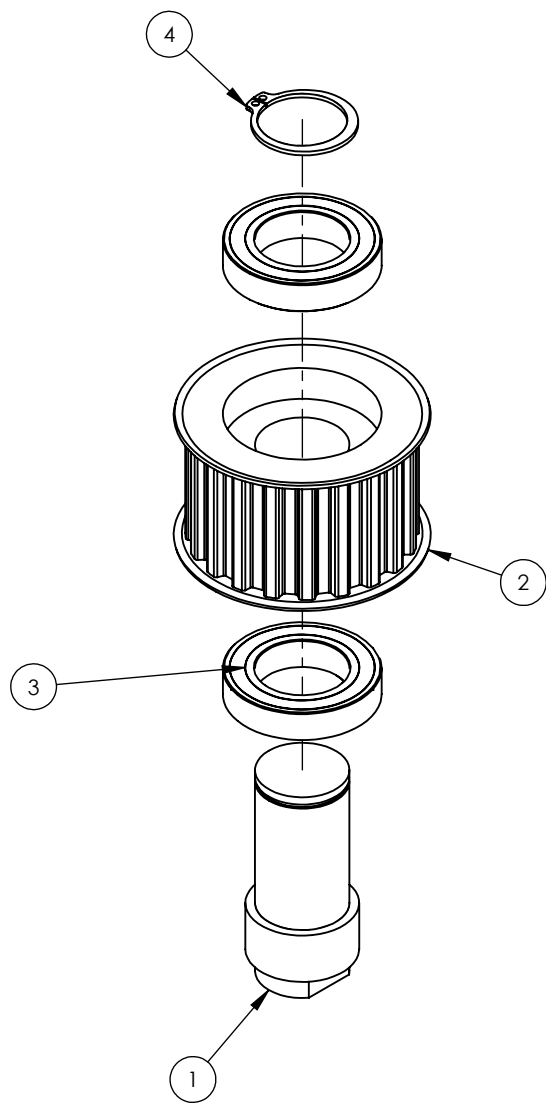
Nome	Data					Quantidade	4	
Des.	Rui Santos 23/02/2017					Massa (kg)	0.53	
Aprov.		ISO 2768	mK	Escala- 1:1		A4	Acabamento	Pintura - RAL 5014
Nome	Suporte de fixação da ponte					Material	1.0037 (S235JR)	
Processo de fabrico	Corte laser, quinagem, furação, roscagem e fresagem					Dimensao (mm)		
						Desenho	Apex_11	




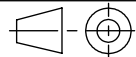
SECTION A-A
SCALE 1 : 1

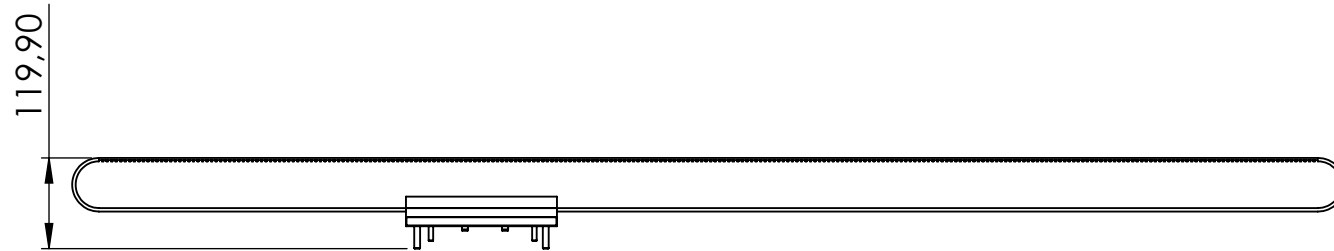
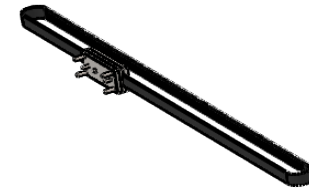
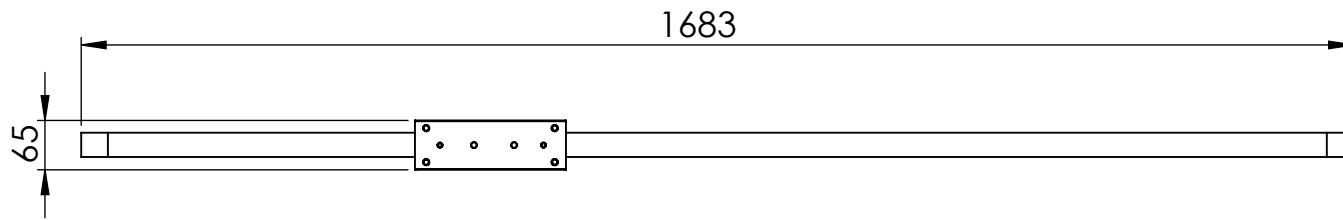



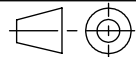
	Nome	Data	 Instituto Superior de Engenharia do Porto				Quantidade	1
Des.	Rui Santos	23/02/2017					Massa (kg)	0.35
Aprov.			ISO 2768	mK	Escala- 1:1	 A4	Acabamento	
Nome	Conjunto veio Apex_4						Material	
Processo de fabrico							Dimensao (mm)	
						Desenho	Conjunto Apex_4	

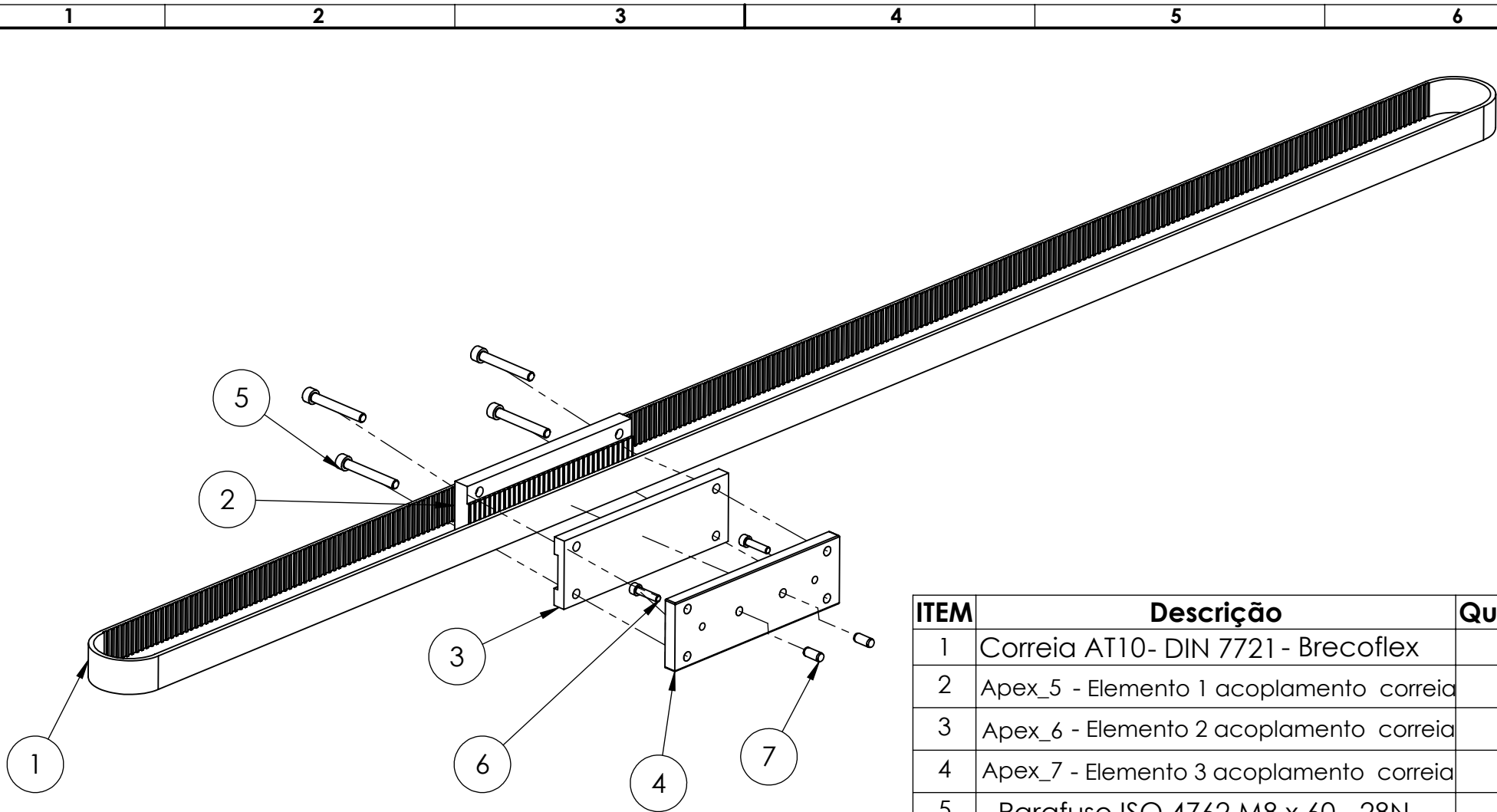


ITEM	Descrição	Quantidade
1	Apex_4 - Veio tensor	1
2	Polia hub - 46 x 10	1
3	Rolamento INA FAG 61905	2
4	Anel elástico DIN 471 - 25 x 1.2	1


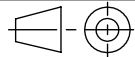
	Nome	Data	 Instituto Superior de Engenharia do Porto				Quantidade	1
Des.	Rui Santos	23/02/2017					Massa (kg)	
Aprov.			ISO 2768	mK	Escala- 1:1	 A4	Acabamento	
Nome	Vista explodida veio Apex_4						Material	
Processo de fabrico							Dimensao (mm)	
							Desenho	Montagem Apex_4

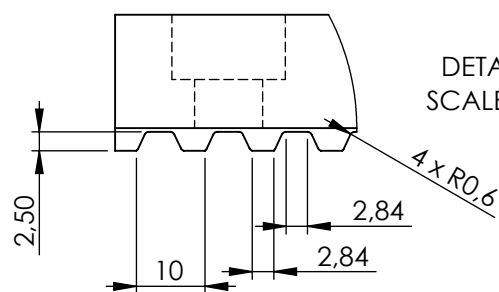
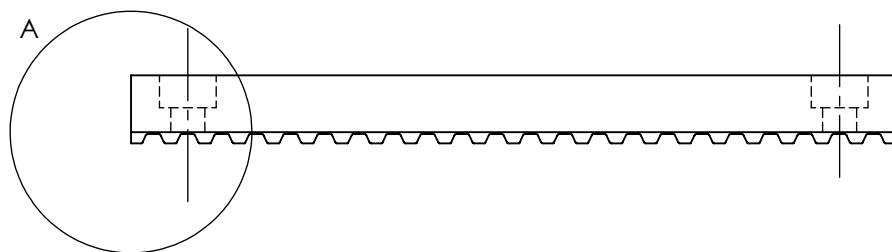
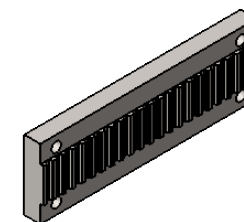
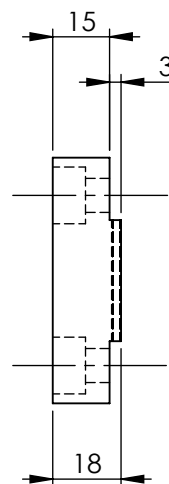
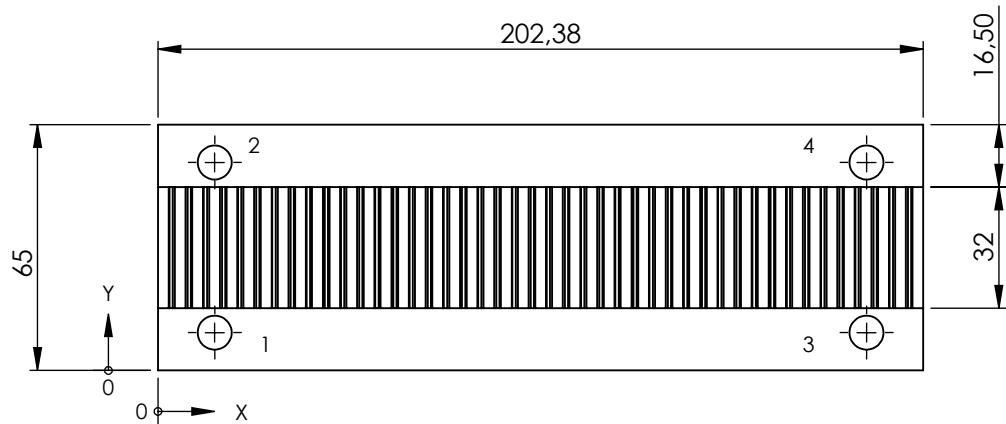


	Nome	Data	 Instituto Superior de Engenharia do Porto				Quantidade	1
Des.	Rui Santos	23/02/2017					Massa (kg)	4.30
Aprov.			ISO 2768	mK	Escala- 1:10	 A4	Acabamento	
Nome	Conjunto acoplamento correia						Material	
Processo de fabrico							Dimensao (mm)	
							Desenho	Montagem acoplamento correia



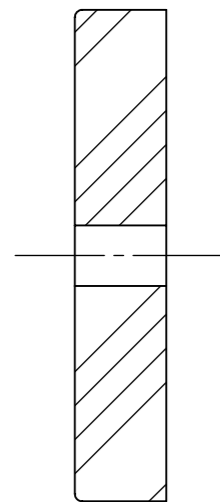
ITEM	Descrição	Quantidade
1	Correia AT10- DIN 7721 - Brecoflex	1
2	Apex_5 - Elemento 1 acoplamento correia	1
3	Apex_6 - Elemento 2 acoplamento correia	1
4	Apex_7 - Elemento 3 acoplamento correia	1
5	Parafuso ISO 4762 M8 x 60 - 28N	4
6	Parafuso ISO 4762 M6 x 25 - 25N	2
7	Pino ISO 8734 - 8 x 18 - A - St	2

	Nome	Data					Quantidade	1
Des.	Rui Santos	23/02/2017					Massa (kg)	
Aprov.			ISO 2768	mK	Escala- 1:5		Acabamento	
Nome	Vista explodida acoplamento correia						Material	
Processo de fabrico							Dimensao (mm)	
							Desenho	Montagem acoplamento correia

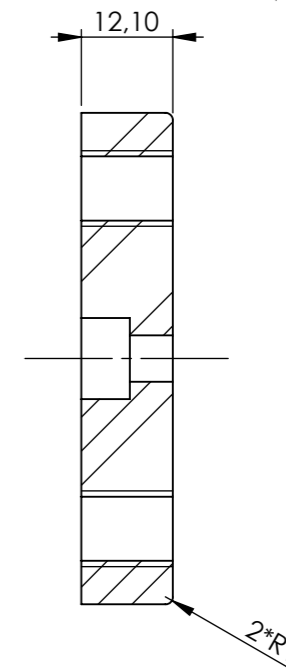
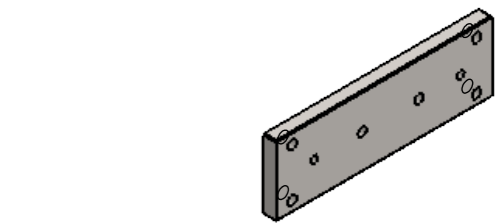
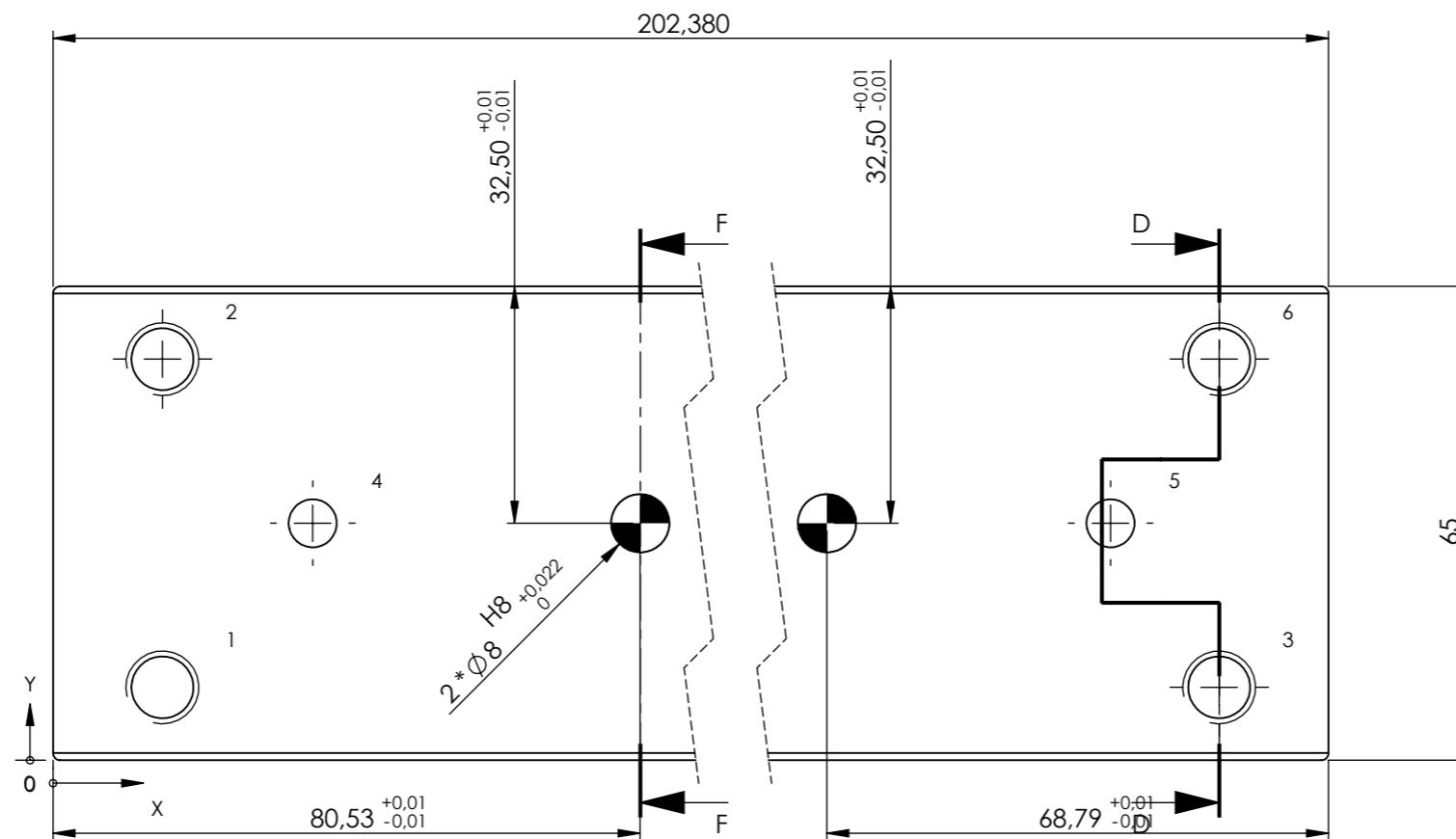


Item	Loc. X	Loc. Y	Tamanho
1	15	10	Ø 9 THRU ALL └─┘ Ø 15 ▽ 8,600
2	15	55	Ø 9 THRU ALL └─┘ Ø 15 ▽ 8,600
3	187,38	10	Ø 9 THRU ALL └─┘ Ø 15 ▽ 8,600
4	187,38	55	Ø 9 THRU ALL └─┘ Ø 15 ▽ 8,600

Nome	Data		Quantidade	1				
Des.	Rui Santos 23/02/2017		Massa (kg)	1.57				
Aprov.		ISO 2768	mK	Escala- 1:2		A4	Acabamento	
Nome	Elemento 1 acoplamento da correia				Material	1.0037 (S235JR) - Chapa		
Processo de fabrico	Maquinagem e Furação				Dimensao (mm)			
			Desenho	Apex_5				



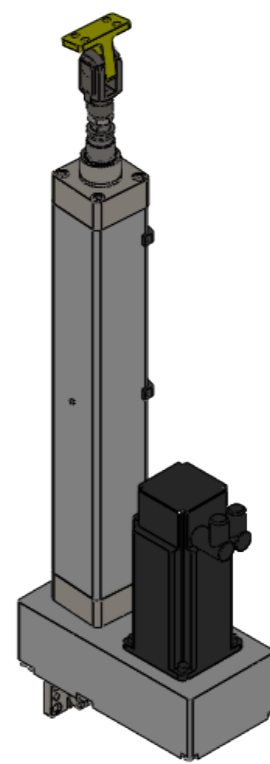
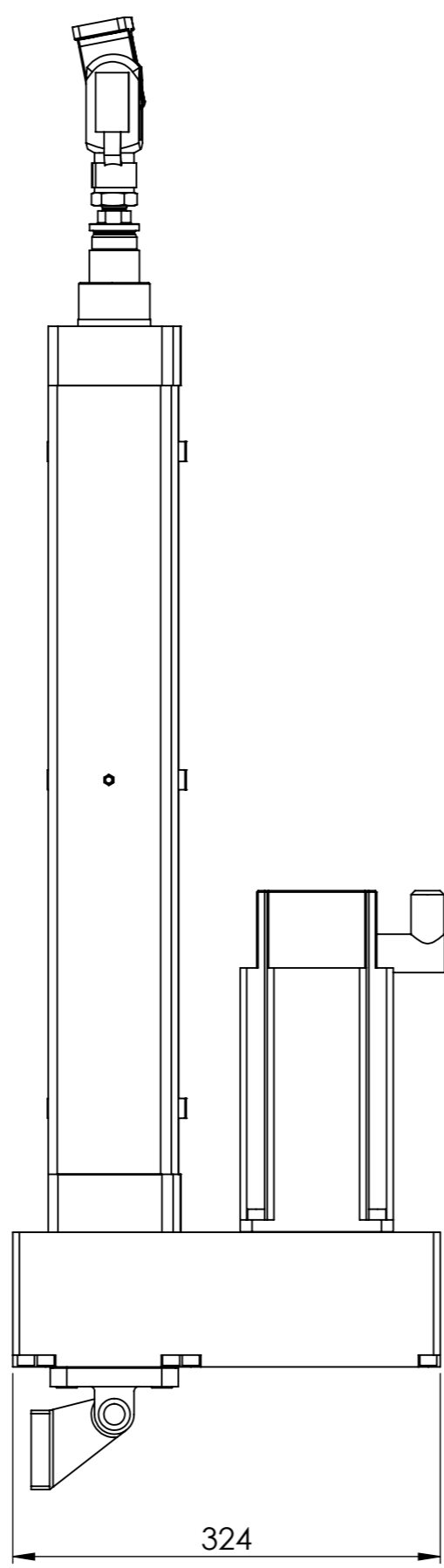
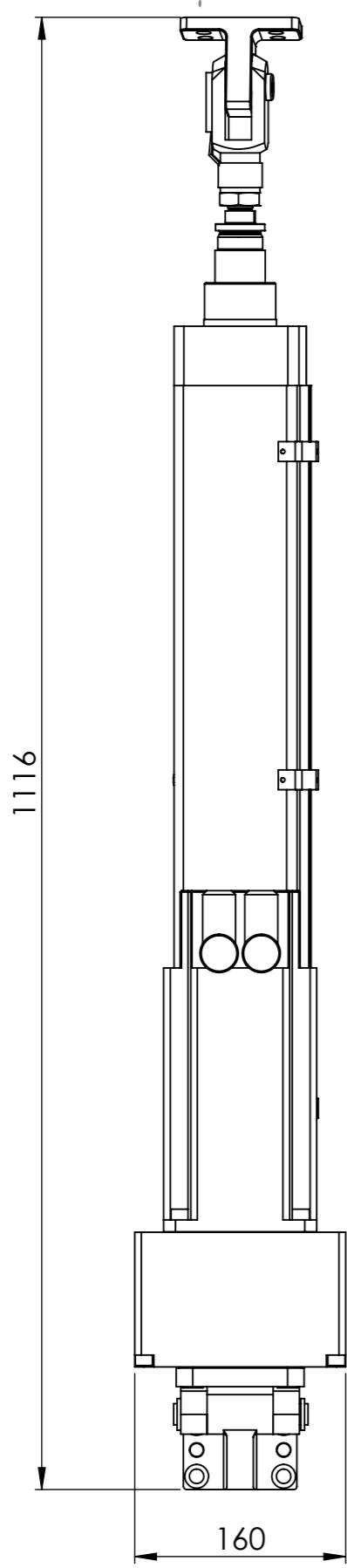
SECTION F-F
SCALE 1 : 1


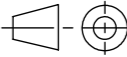


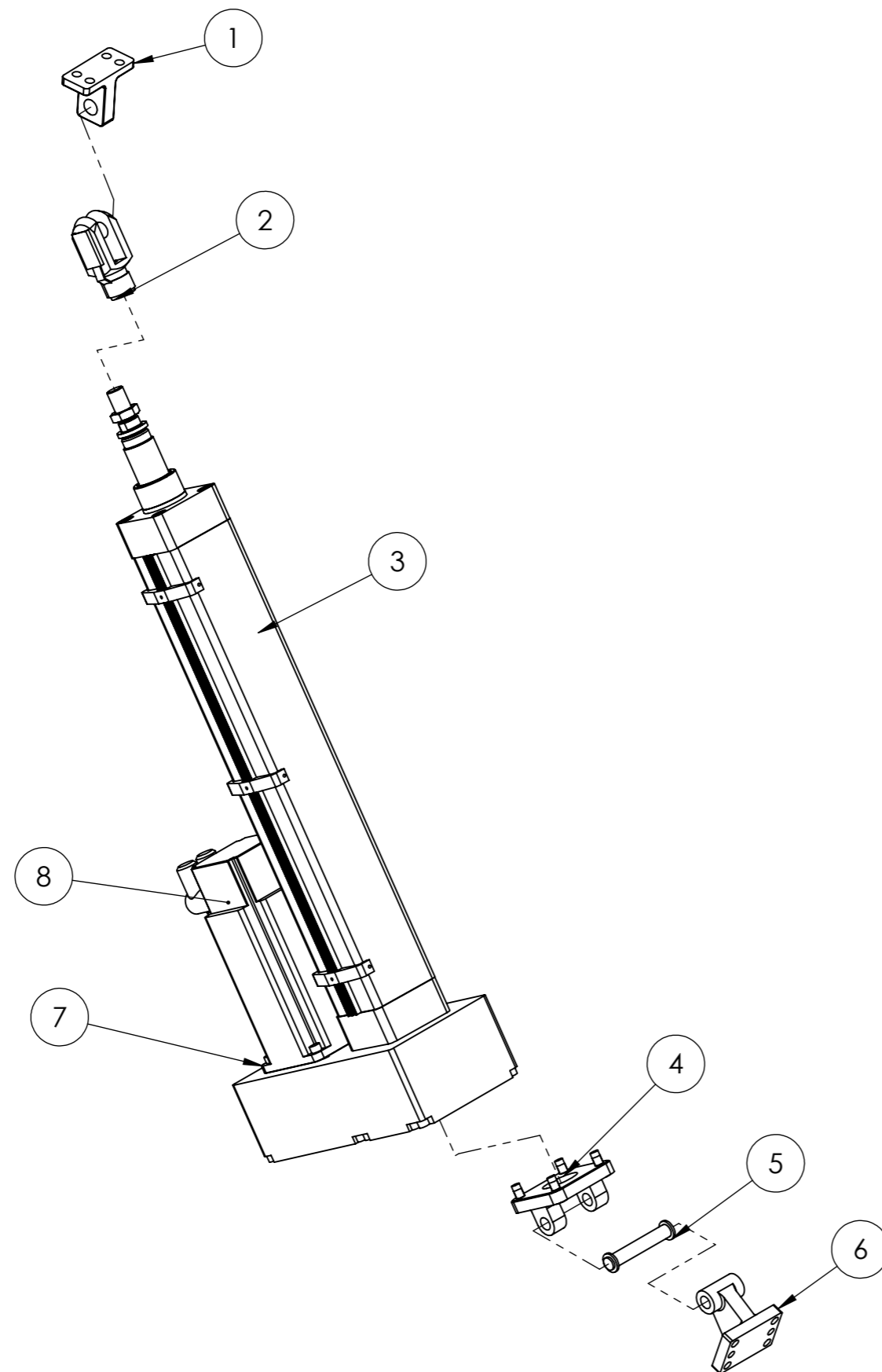
SECTION D-D
SCALE 1 : 1

Item	Loc. X	Loc. Y	Tamanho
1	15	10	Ø 8,500 ∇ 12,100 M10 - 6H ∇ 20
2	15	55	Ø 8,500 ∇ 12,100 M10 - 6H ∇ 20
3	187,38	10	Ø 8,500 ∇ 12,100 M10 - 6H ∇ 20
4	35,60	32,50	Ø 6,600 ∇ 24,500 └┘ Ø 11 ∇ 6,400
5	172,47	32,50	Ø 6,600 ∇ 24,500 └┘ Ø 11 ∇ 6,400
6	187,38	55	Ø 8,500 ∇ 12,099 M10 - 6H ∇ 20


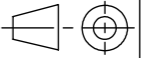
Nome	Data	Instituto Superior de Engenharia do Porto			Quantidade	1	
Des. Rui Santos	03/05/2017				Massa (kg)	1.20	
Aprov.		ISO 2768	mK	Escala- 1:1		A3	Acabamento
Nome	Elemento 3 acoplamento da correia					Dimensao	
Processo de fabrico	Corte laser, furação e roscagem					Desenho	Apex_7



	Nome	Data	 Instituto Superior de Engenharia do Porto				Quantidade	1
Des.	Rui Santos	27/02/2017					Massa (kg)	34.8
Aprov.			ISO 2768	mK	Escala- 1:5		A3	Acabamento
Nome	Conjunto movimento tabuleiro						Material	
Processo de fabrico							Dimensao	
							Desenho	Movimento tabuleiro 1



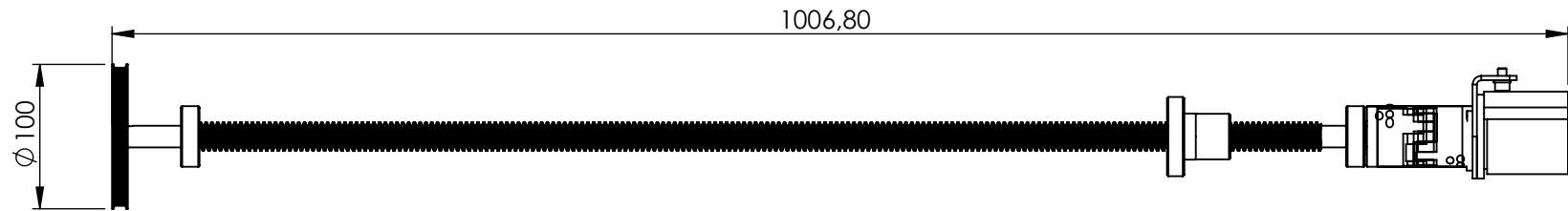
Item	Referência	Quantidade
1	Suporte superior	1
2	Ligação tipo rotula	1
3	Módulo linear	1
4	Suporte inferior 1	1
5	Veio fixação inferior	1
6	Suporte inferior 2	1
7	Caixa redutora Alpha SP+140S-MF1	1
8	Servomotor 1FK7062-2AF71-1BH1-ZJ15	1

	Nome	Data					Quantidade	1
Des.	Rui Santos	27/02/2017					Massa (kg)	
Aprov.			ISO 2768	mK	Escala- 1:7		A3	Acabamento
Nome	Vista explodida conjunto movimento tabuleiro						Material	
Processo de fabrico							Dimensao	
							Desenho	Movimento Tabuleiro

1 2 3 4 5 6

A

A

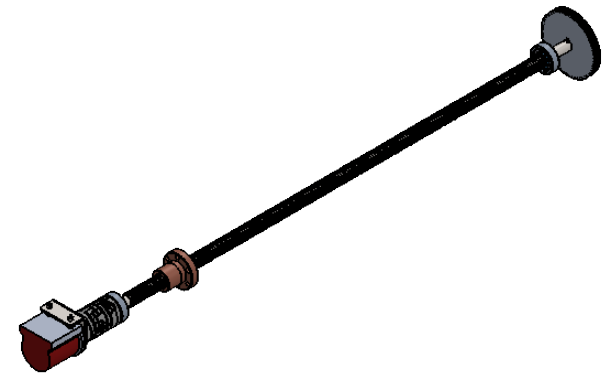


B

B


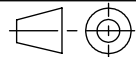
C

C

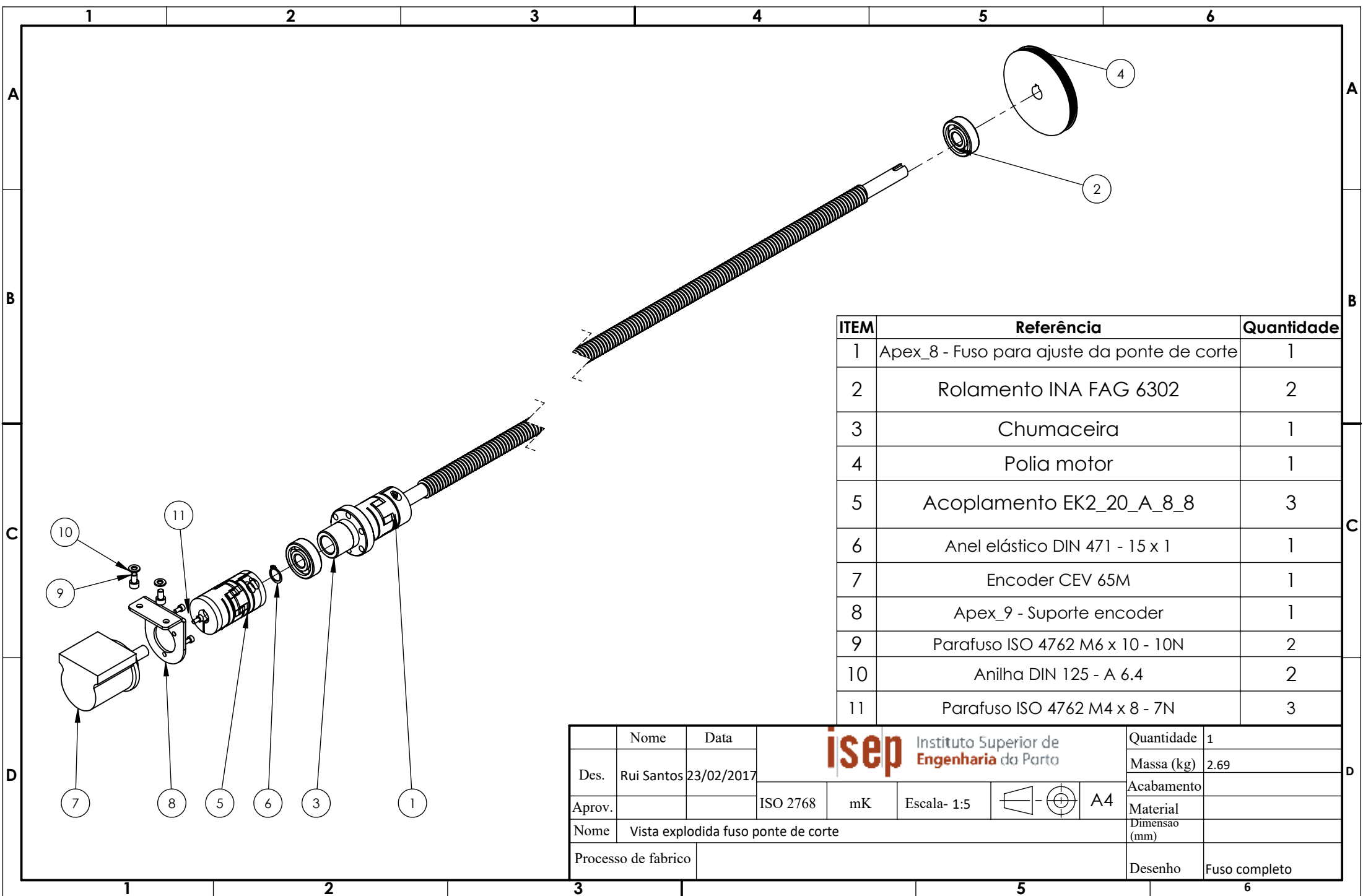


D



D

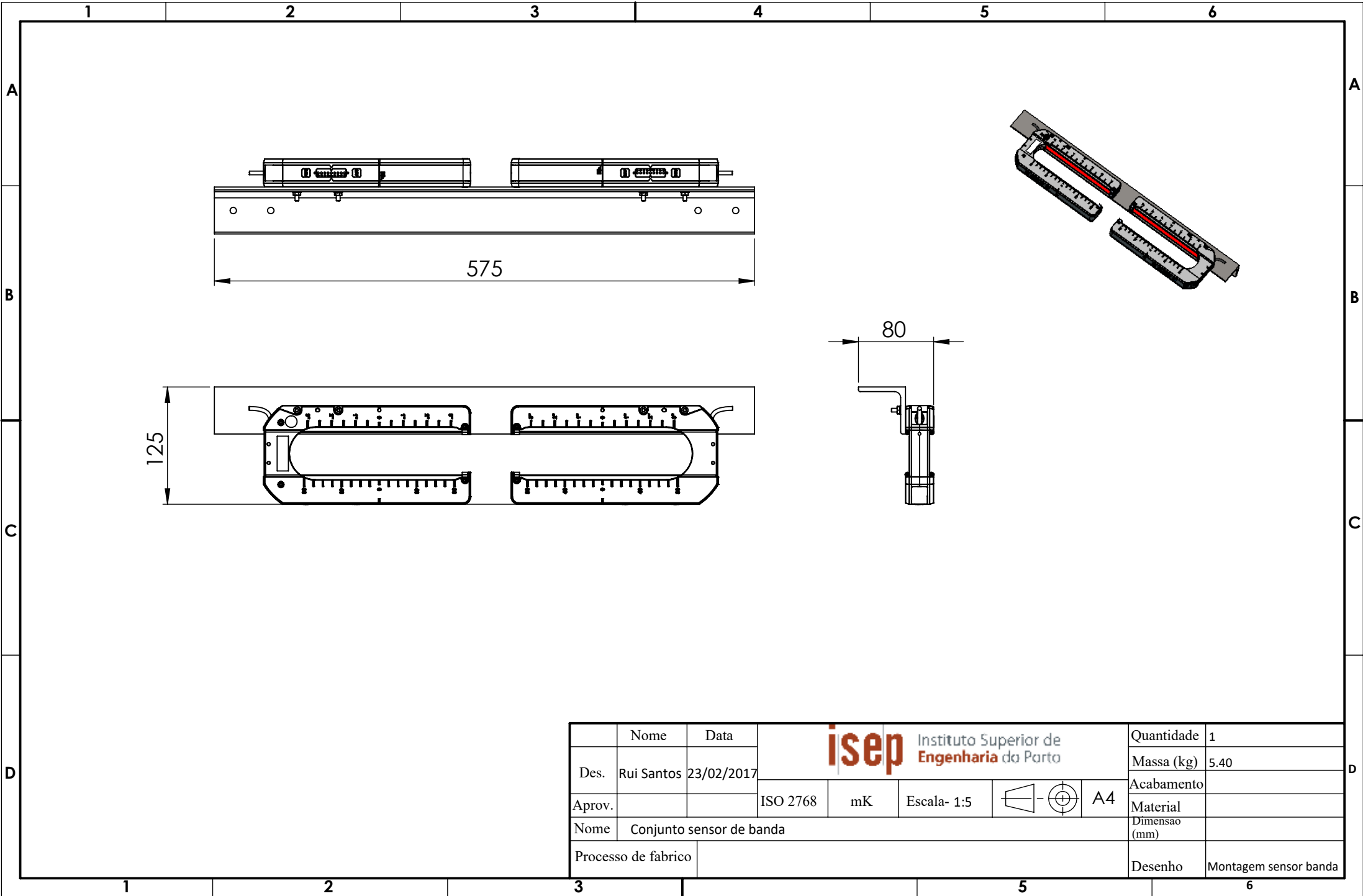
	Nome	Data					Quantidade	1
Des.	Rui Santos	23/02/2017					Massa (kg)	2.69
Aprov.			ISO 2768	mK	Escala- 1:5		Acabamento	
Nome	Conjunto fuso ponte de corte					Material		
Processo de fabrico						Dimensao (mm)		
						Desenho	Fuso completo	




1 2 3 4 5 6

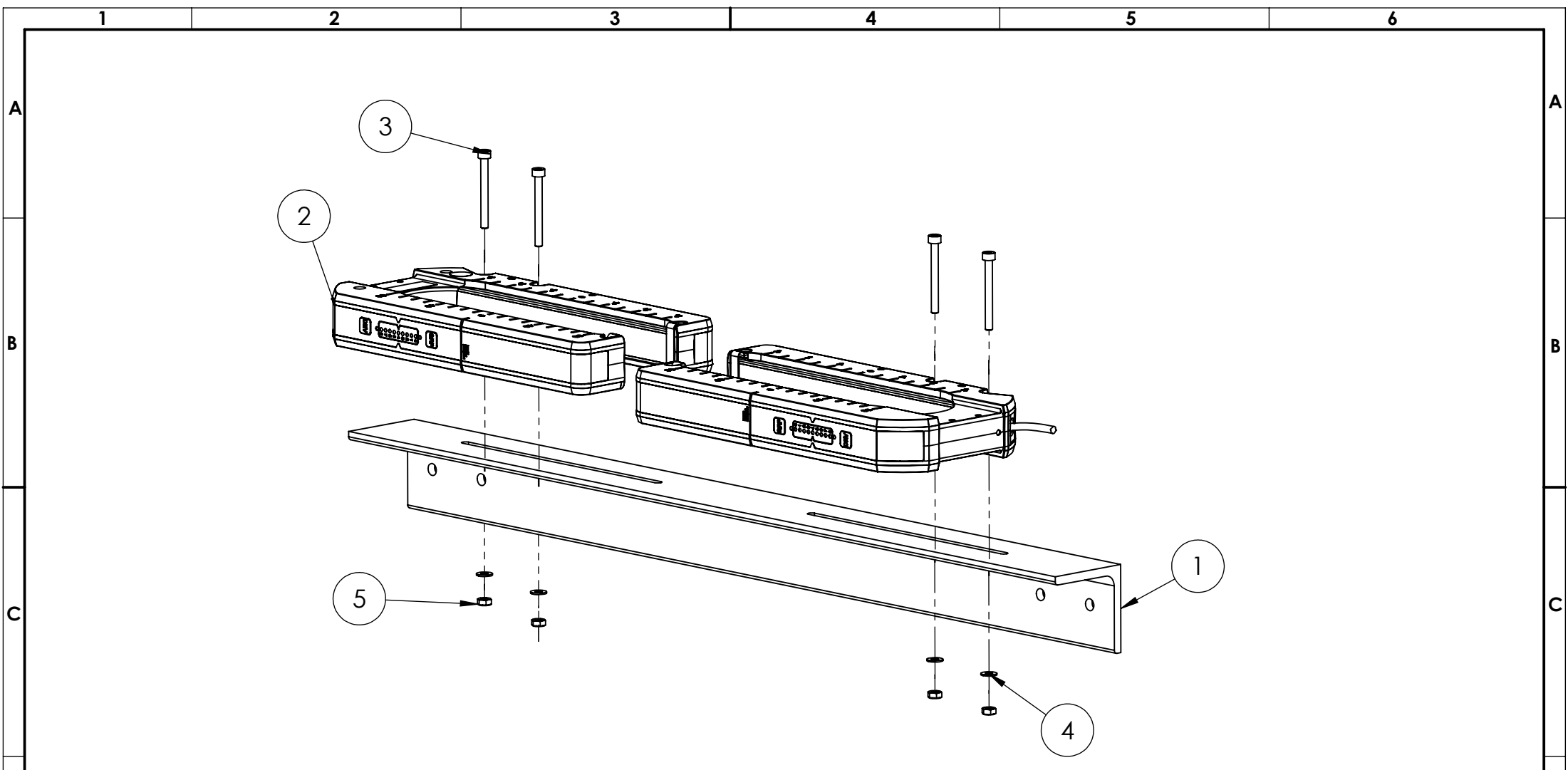


ITEM	Referência	Quantidade
1	Apex_8 - Fuso para ajuste da ponte de corte	1
2	Rolamento INA FAG 6302	2
3	Chumaceira	1
4	Polia motor	1
5	Acoplamento EK2_20_A_8_8	3
6	Anel elástico DIN 471 - 15 x 1	1
7	Encoder CEV 65M	1
8	Apex_9 - Suporte encoder	1
9	Parafuso ISO 4762 M6 x 10 - 10N	2
10	Anilha DIN 125 - A 6.4	2
11	Parafuso ISO 4762 M4 x 8 - 7N	3

	Nome	Data	 Instituto Superior de Engenharia da Porto				Quantidade	1
Des.	Rui Santos	23/02/2017					Massa (kg)	2.69
Aprov.			ISO 2768	mK	Escala- 1:5	 A4	Acabamento	
Nome	Vista explodida fuso ponte de corte						Material	
Processo de fabrico							Dimensao (mm)	
							Desenho	Fuso completo

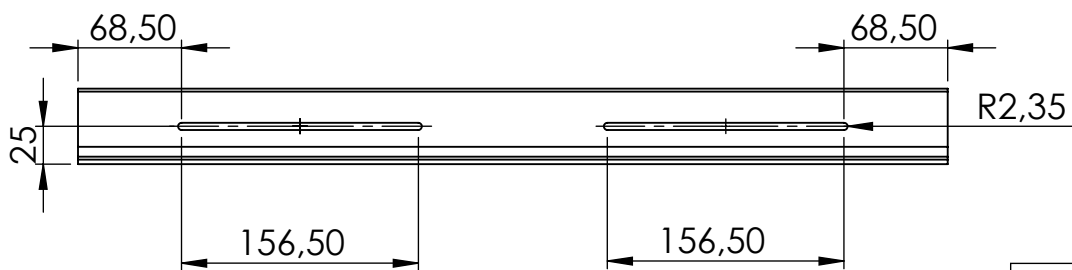
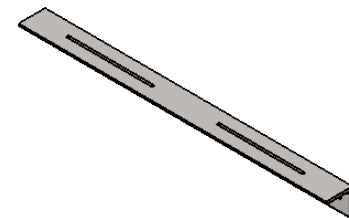
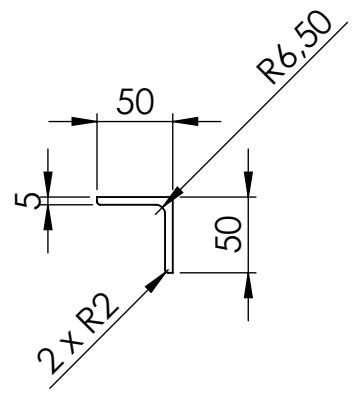
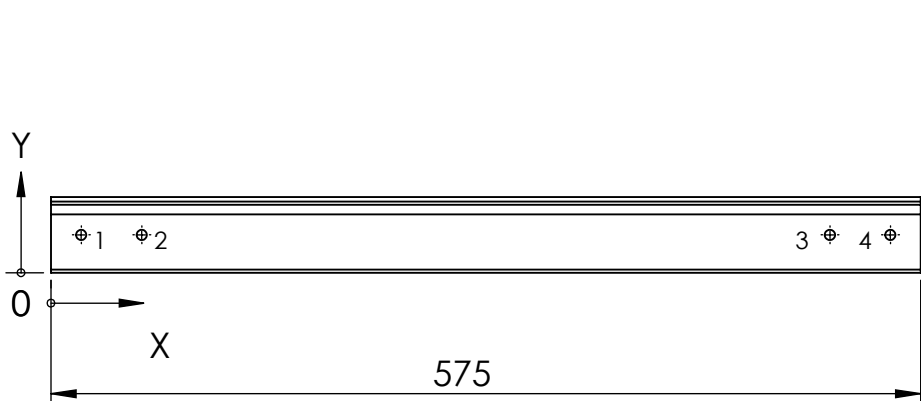


	Nome	Data	 Instituto Superior de Engenharia do Porto				Quantidade	1
Des.	Rui Santos	23/02/2017					Massa (kg)	5.40
Aprov.			ISO 2768	mK	Escala- 1:5	 	Acabamento	
Nome	Conjunto sensor de banda						Material	
Processo de fabrico							Dimensao (mm)	
						Desenho	Montagem sensor banda	





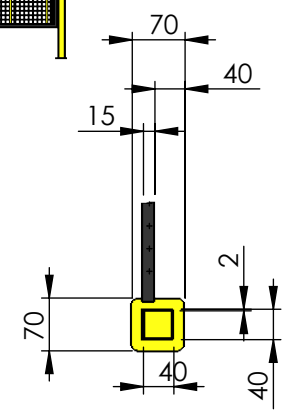
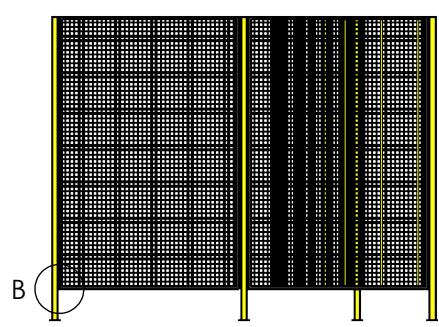
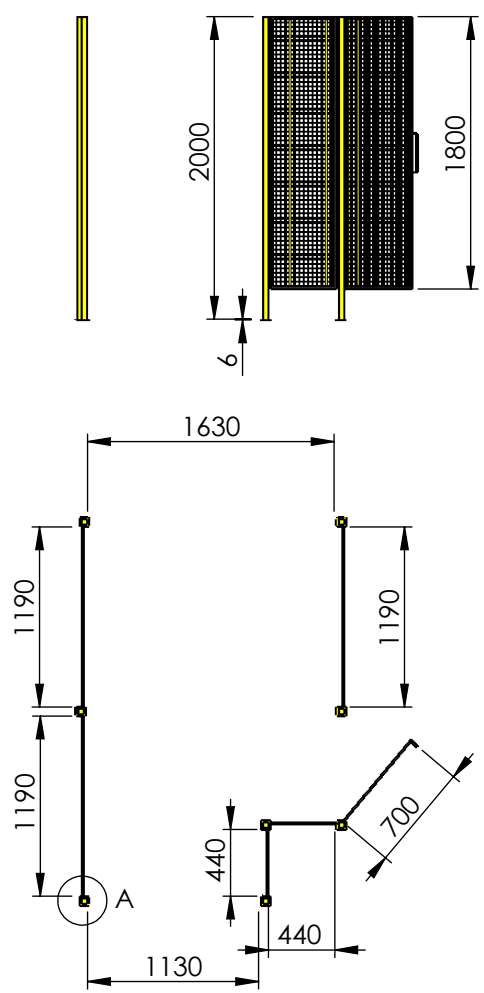
ITEM	Descrição	Quant.
1	Suporte sensor - Perfil Ferpinta EN 10056	1
2	Sensor banda FR 6011	2
3	Parafuso ISO 4762 M4x40-20N	4
4	Anilha DIN 125 - A 4.3	4
5	Porca ISO 4032-M4-W-N	4

	Nome	Data					Quantidade	1	
Des.	Rui Santos	23/02/2017					Massa (kg)		
Aprov.			ISO 2768	mK	Escala- 1:3		A4	Acabamento	
Nome	Vista explodida conjunto sensor banda						Material		
Processo de fabrico							Dimensao (mm)		
							Desenho	Montagem sensor banda	

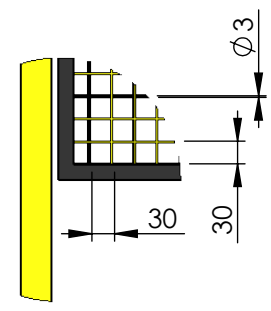


Item	Loc. X	Loc. Y	Tamanho
1	20	25	$\phi 6,80$ THRU
2	60	25	$\phi 6,80$ THRU
3	515	25	$\phi 6,80$ THRU
4	555	25	$\phi 6,80$ THRU

Nome	Data	 Instituto Superior de Engenharia do Porto				Quantidade	1
Des.	Rui Santos 23/02/2017					Massa (kg)	2.10
Aprov.		ISO 2768	mK	Escala- 1:5	 A4	Acabamento	Pintura - RAL 5014
Nome	Suporte sensor banda- Perfil Ferpinta EN 10056					Material	1.0037 (S235JR) - Cantoneira
Processo de fabrico	Corte, furação e fresagem					Dimensao (mm)	
						Desenho	Suporte sensor



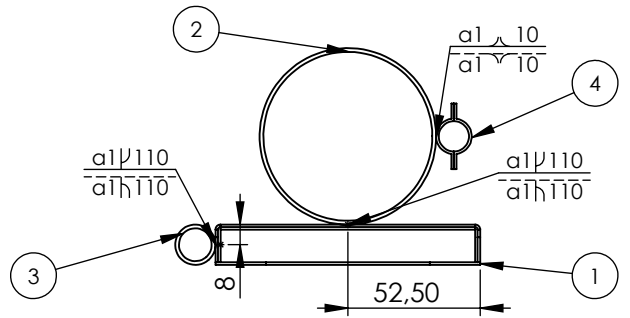
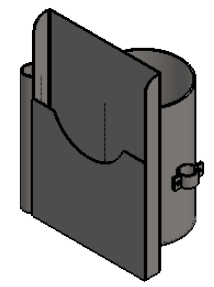
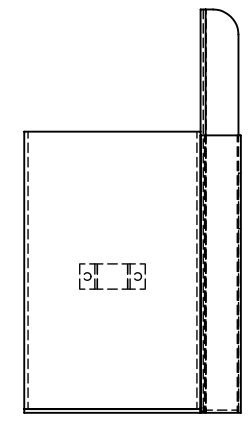
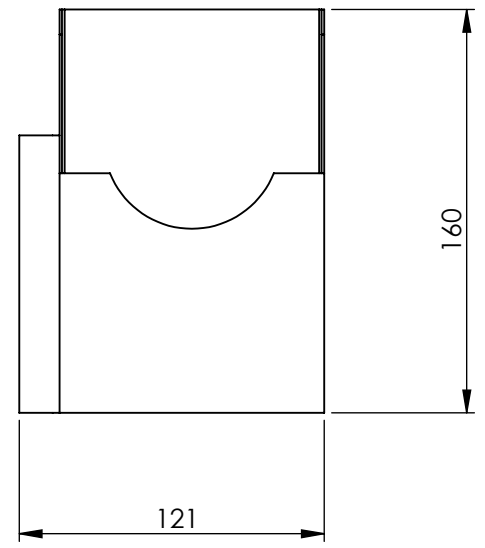
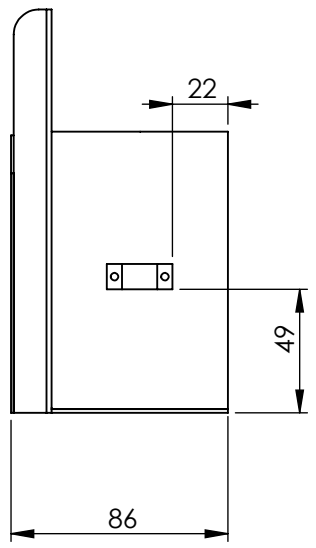
DETAIL A
SCALE 1 : 10



DETAIL B
SCALE 1 : 10

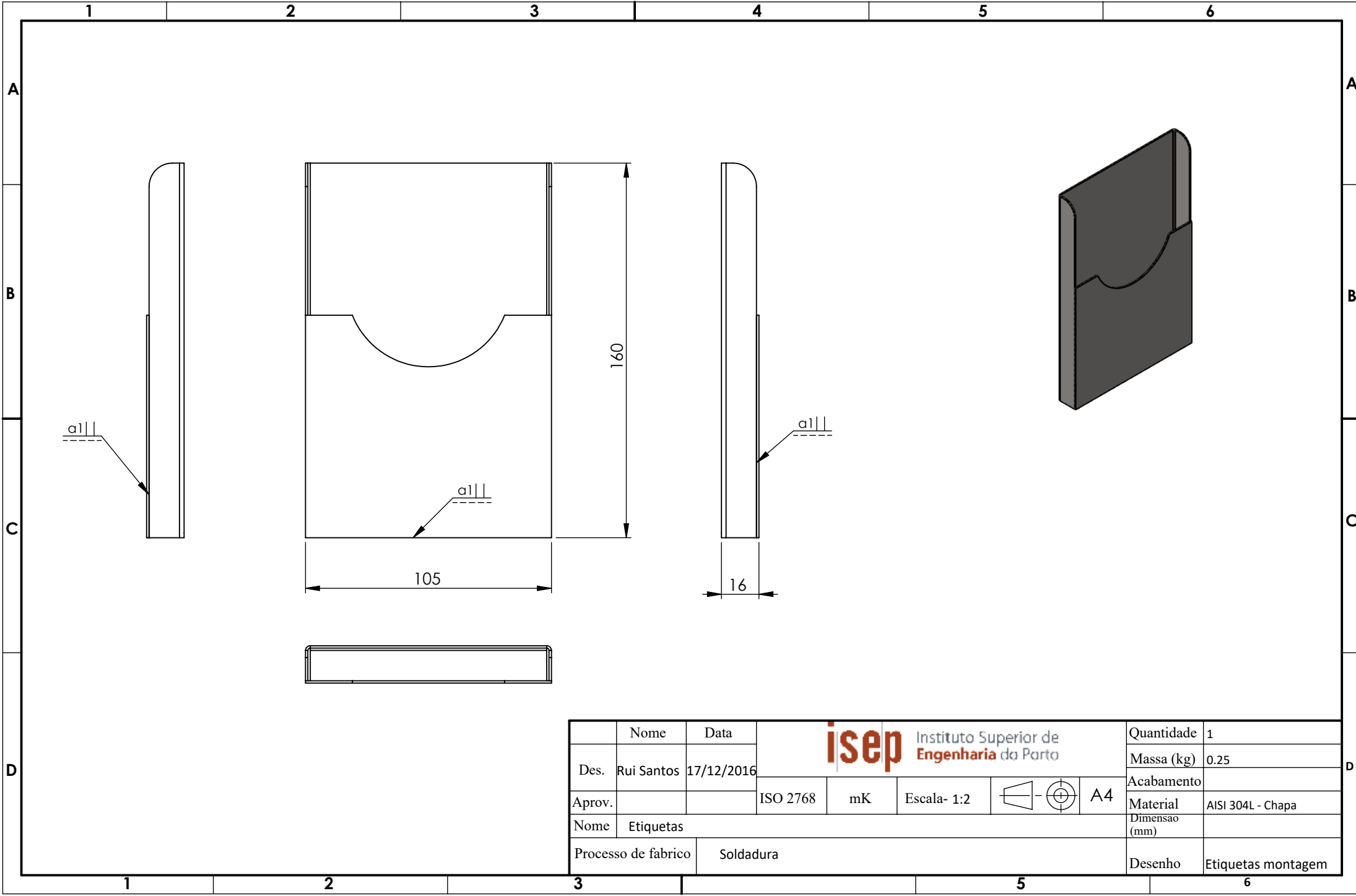
Tubo Quadrado 20 mm X 20 mm X 1.5 mm
Rede 30 mm X 30 mm com arame de 3 mm de diâmetro



	Nome	Data					Quantidade	1	
Des.	Rui Santos	23/02/2017					Massa (kg)	127.47	
Aprov.			ISO 2768	mK	Escala- 1:50		A4	Acabamento	
Nome	Rede proteção						Material	1.0037 (S235JR)	
Processo de fabrico							Dimensao (mm)		
							Desenho	Rede proteção	

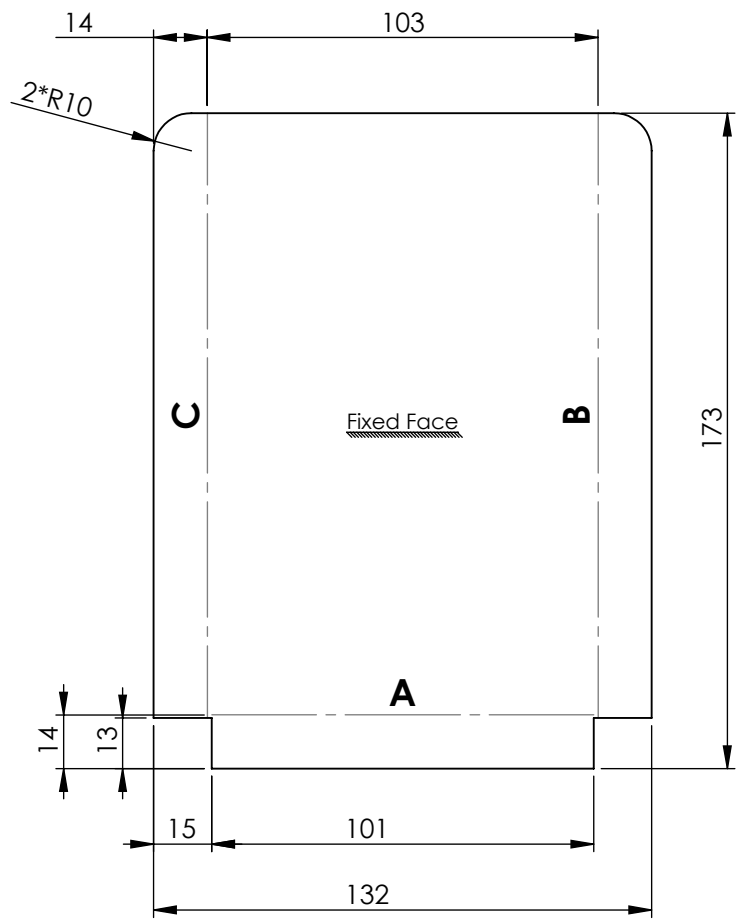


ITEM	Descrição	Quantidade
1	Etiquetas assembly	1
2	Garrafa assembly	1
3	Caneta	1
4	Abraçadeira Assembly	1

Nome	Data		Quantidade	1	
Des.	Rui Santos		25/02/2017	Massa (kg)	0.65
Aprov.		ISO 2768	mK	Escala- 1:3	
Nome	Conjunto para papel, caneta e garrafa			Acabamento	
Processo de fabrico	Soldadura			Material	AISI 304L
			Dimensao (mm)		
			Desenho	Conjunto total definitivo	


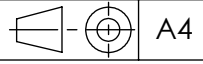


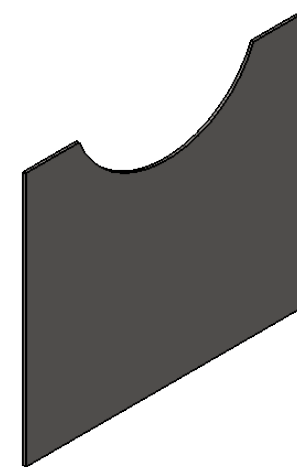
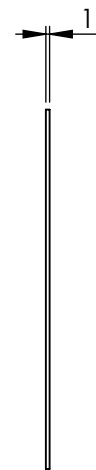
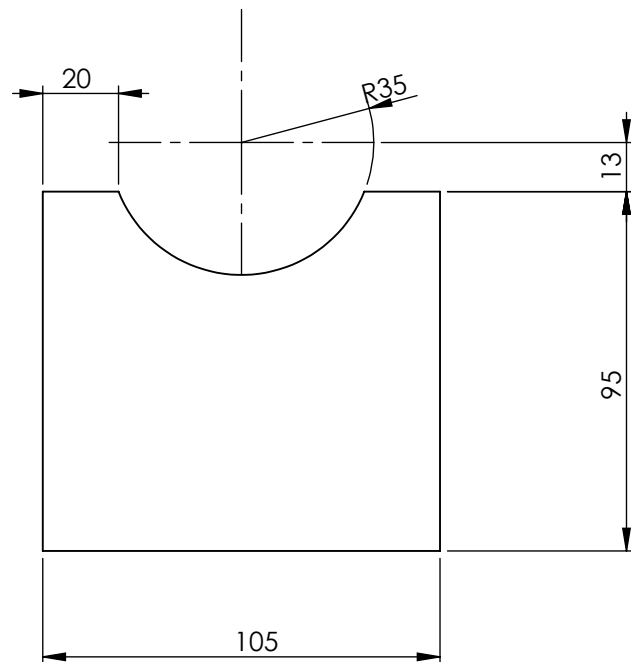
	Nome	Data	 Instituto Superior de Engenharia do Porto				Quantidade	1
Des.	Rui Santos	17/12/2016					Massa (kg)	0.25
Aprov.			ISO 2768	mK	Escala- 1:2	 A4	Acabamento	
Nome	Etiquetas						Material	AISI 304L - Chapa
Processo de fabrico	Soldadura						Dimensao (mm)	
						Desenho	Etiquetas montagem	





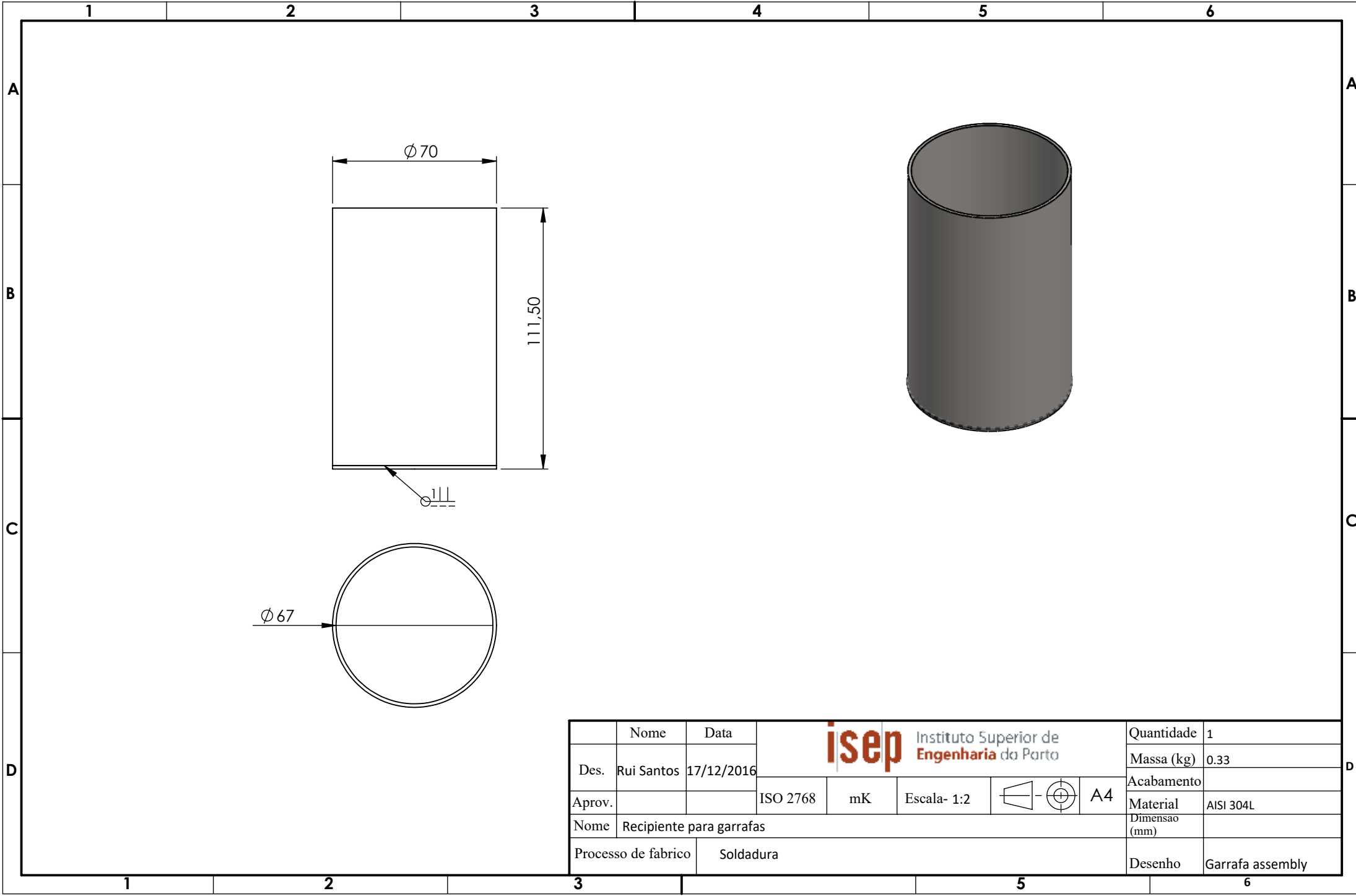
Espessura: 1 mm



Item	Direção	Ângulo	Raio interno
A	UP	90°	1
B	UP	90°	1
C	UP	90°	1

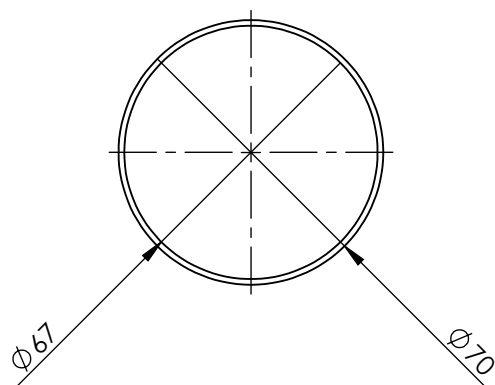
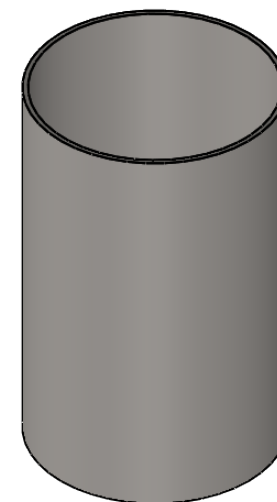
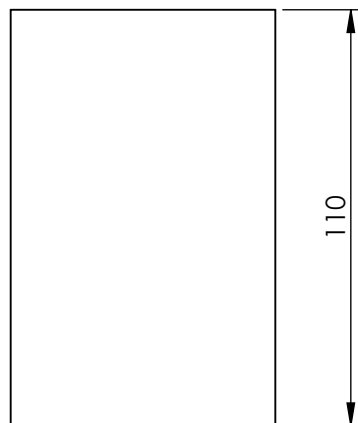
	Nome	Data					Quantidade	1
Des.	Rui Santos	23/02/2017					Massa (kg)	0.18
Aprov.			ISO 2768	mK	Escala- 1:2		Acabamento	
Nome	Etiquetas 1						Material	AISI 304L - Chapa
	Processo de fabrico						Dimensao (mm)	
	Corte laser e quinagem						Desenho	Etiquetas_1





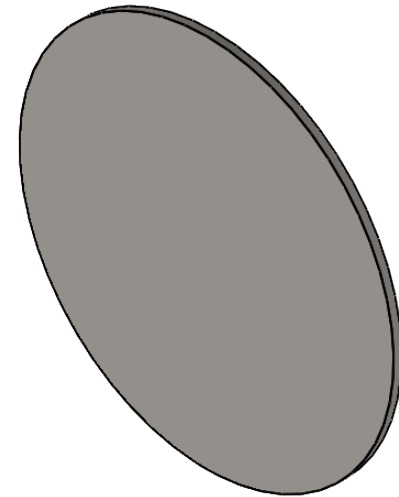
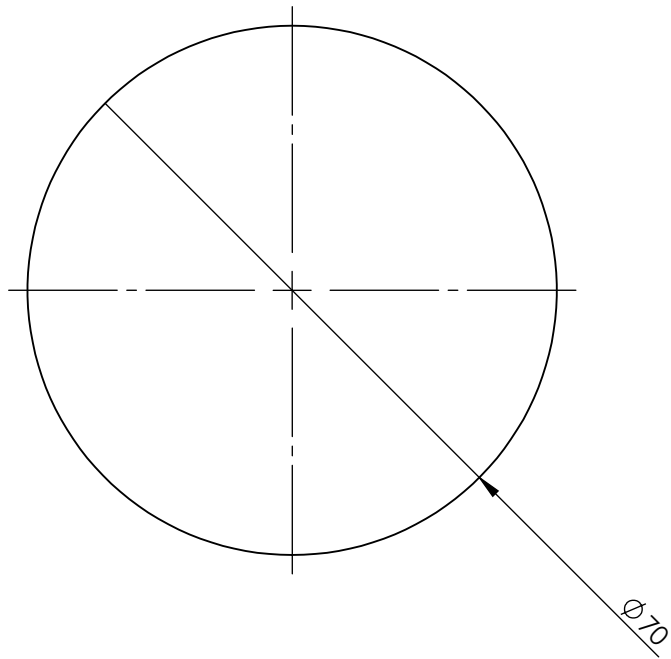
	Nome	Data	 Instituto Superior de Engenharia do Porto				Quantidade	1
Des.	Rui Santos	17/12/2016					Massa (kg)	0.07
Aprov.			ISO 2768	mK	Escala- 1:2	 A4	Acabamento	
Nome	Tampa da frente para etiquetas						Material	AISI 304L - Chapa
Processo de fabrico	Corte laser						Dimensao (mm)	
						Desenho	Etiquetas_2	





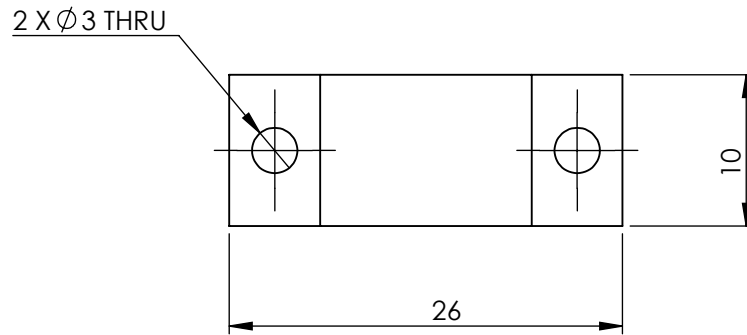
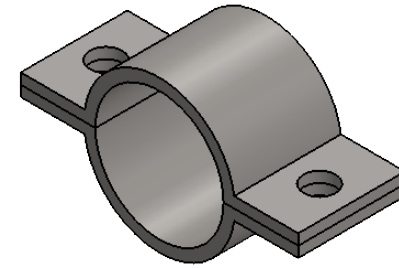
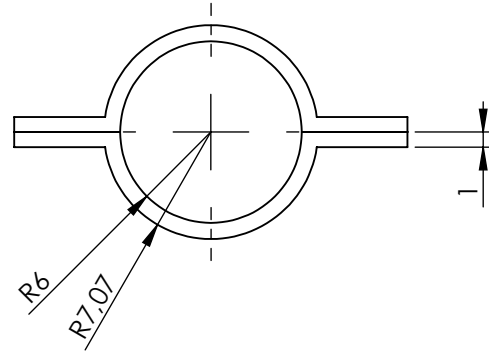
	Nome	Data	 Instituto Superior de Engenharia do Porto				Quantidade	1
Des.	Rui Santos	17/12/2016					Massa (kg)	0.33
Aprov.			ISO 2768	mK	Escala- 1:2		A4	Acabamento
Nome	Recipiente para garrafas						Material	AISI 304L
Processo de fabrico	Soldadura						Dimensao (mm)	
						Desenho	Garrafa assembly	





	Nome	Data	 Instituto Superior de Engenharia do Porto				Quantidade	1
Des.	Rui Santos	17/12/2016					Massa (kg)	0.28
Aprov.			ISO 2768	mK	Escala- 1:2	 A4	Acabamento	
Nome	Garrafa					Material	AISI 304L - Tubo redondo	
Processo de fabrico	Corte					Dimensao (mm)		
						Desenho	Garrafa_2	



	Nome	Data	 Instituto Superior de Engenharia do Porto				Quantidade	1
Des.	Rui Santos	23/02/2017					Massa (kg)	0.05
Aprov.			ISO 2768	mK	Escala- 1:1	 A4	Acabamento	
Nome	Garrafa inferior					Material	AISI 304L - Chapa	
Processo de fabrico	Corte laser					Dimensao (mm)		
						Desenho	garrafas	



	Nome	Data	 Instituto Superior de Engenharia do Porto				Quantidade	1
Des.	Rui Santos	17/12/2016					Massa (kg)	0.01
Aprov.			ISO 2768	mK	Escala- 2:1	 A4	Acabamento	
Nome	Abraçadeira					Material	AISI 304L - Chapa	
Processo de fabrico	Corte laser e estampagem					Dimensao (mm)		
						Desenho	Abraçadeira	

6.2 Anexo II

ORÇAMENTAÇÃO

Designação	Fornecedor	Código fabricante	Custo unitário (€)	Quantidade	Total (€)
Material Elétrico					
Unidade de controlo	Siemens	6SL3040-1MA01-0AA0	351,57	1	351,57
Módulo de Segurança	Siemens	6SL3053-0AA00-3AA0	342,68	1	342,68
Módulo interface ativo	Siemens	6SL3130-6AE15-0AB1	345,13	1	345,13
Módulo motor duplo	Siemens	6SL3120-2TE15-0AA4	643,16	1	643,16
Cabos sinal	Siemens	6FX2002-1DC00-1AB0	32,54	1	32,54
Servomotor Transportador	Siemens	1FK7044-4CF71-1QH1-ZJ09	1.201,64	1	1.201,64
Servomotor Tabuleiro	Siemens	1FK7062-2AF71-1BH1-Z J15	947,59	1	947,59

Coluna sinalização	Shneider Electric	XVMB2R5A5GSB	135,59	1	135,59
Botão de pressão de paragem de emergência	Shneider Electric	ASISLB4	37,85	1	37,85
Sinalizador ø22 – branca	Shneider Electric	XB4BV41	51,84	1	51,84
Botão de pressão ø30	Shneider Electric	9001KR1GH5	36,45	1	36,45
Botoneira	Siemens	3SB3804-2AA3	64,40	1	64,40
Fecho segurança	Schmersal	AZM 161SK-12/12Rk-024	172,30	1	172,30
Corina de luz	SICK	C4000 Basic	2430,10	1	2430,10
Encoder	Tr-electronic	CEV-65M	1748,22	1	1748,22
Sensor de banda	Erhardt+Leimer	FR 6011	375,12	2	750,24

Cabos de alimentação	Erhardt+Leimer	STD 018-73	15,02	4	60,08
Controlo Posição	Erhardt+Leimer	VA 6011	550,52	1	550,52
Módulo conversor	Erhardt+Leimer	ZC 4061 CAN	650,47	1	650,47
Interface sensor e conversor	Erhardt+Leimer	DI B000 CAN	788,69	1	788,69
				Total	11.341,06
Material Mecânico / Estrutural					
Polia	Brecoflex	AI 40 T10/20-2 HUB 46×10	140,02	2	280,04
Caixa redutora transportador	Alpha_Vittenstein	SP 075-MF1-10-1G1	760,20	1	760,20
Rolamento	Schaeffler	61905-2RSR	12,20	2	24,40

Anel elástico	AnelBras	A25/DIN471	0,10	1	0,10
Correia	Brecoflex	AT10	121,36	1	121,36
Parafuso M5×14	Item	8.0.004.14	0,22	7	1,54
Parafuso M6×18	Item	0.0.647.64	0,30	33	9,90
Parafuso M8×20	Item	8.0.009.25	0,55	4	2,20
Parafuso M10×30	Item	8.0.007.95	0,61	8	4,88
Guia linear	INA	KUVE25-B	413,27	1	413,27
Caixa redutora tabuleiro	Alpha_Vittenstein	SP 140S-MF1-10-1G1	1995,10	1	1995,10
Módulo linear	Bosch RexRoth	EMC-080-NN-2-52	4208,11	1	4208,11
Acoplamento elástico	E+W	EK2 20	51,25	1	51,25

Calha elétrica (PVC) (75×50)	Legrand	637700	8,20	7 m	57,40
Tampa para calha 75×50	Legrand	637760	4,50	7 m	31,5
Calha elétrica (PVC) (100×50)	Legrand	637710	8,77	1 m	8,77
Tampa para calha 100×50	Legrand	637761	6,19	1 m	6,19
				Total	7.976,21
Fabrico					
Ponte	Moldamirco	-	150,00	1	150,00
Suporte	Moldamirco	-	30,00	4	160,00
Tensor da correia	Moldamirco	-	80,00	1	80,00

Veio correia	Moldamirco	-	25,00	1	25,00
Suporte sensor banda	Moldamirco	-	12,50	1	12,50
Suporte mesa trabalho	Moldamirco	-	50,00	1	50,00
Suporte para calha	Moldamirco	-	15,00	1	15,00
Suporte para encoder	Moldamirco	-	7,00	1	7,00
Gradeamento de segurança	Trolax	-	702,00	1	702,00
Fuso	Tecnopower	-	110,00	1	110,00
				Total	1.311,50
Montagem e Controlo					
Total	Continental	-	25/hora	100	2500,00

Total	Cofely	-	25/hora	100	2500,00
				Total	5.000,00
Custo total das soluções				Total	25.628,8

6.3 Anexo III

PLANO DETALHADO DE MANUTENÇÃO PREVENTIVA

Lista de tarefas			
Ação	Prioridade	Periodicidade	Efetuated por
Verificar o correto funcionamento dos dispositivos de segurança	Alta	1 vez por dia	Operador
Certificar a tensão / conservação da correia	Baixa	A cada preventiva	Técnicos da manutenção
Confirmar e reapertar os parafusos das ligações	Baixa	A cada preventiva	Técnicos da manutenção
Limpeza envolvente da máquina e seus componentes	Baixa	A cada preventiva	Técnicos da limpeza
Verificar estado de conservação do módulo linear responsável pela elevação do tabuleiro	Baixa	A cada preventiva	Técnicos da manutenção
Realização de ensaios e testes de verificação em modo manual após preventiva	Médio	A cada preventiva	Técnicos da manutenção

6.3 ANEXO IV

ANÁLISE FMEA

Item	Função	Potencial Modo de Falha	Efeito de Modo de Falha	Severidade	Causas e Mecanismos Potencial da Falha	Ocorrência	Controlos Atuais do Processo	Deteção	RPN	Ações Recomendadas
Servomotor	Transmitir movimento à correia	Curto-circuito	Produto não funciona	10	Defeito interno, danificação ou presença de água no cabo de alimentação	5	Teste funcional; inspeção na produção do cabo interno	2	100	Melhorar revestimento do cabo
		Falha/interrupção	Produto não funciona	8	Folgas	2	Inspeção visual após montagem	4	64	Optar por outros elementos de encaixe
Rolamentos	Facilita movimento da polia	Falta de lubrificação	Deterioração precoce	10	Mau dimensionamento	2	Inspeção visual/auditiva	5	100	Optar por outro elemento
Polias	Facilita movimento da correia	Rotura	Impossibilita o movimento da correia	9	Mau dimensionamento; Montagem incorreta	2	Ensaio mecânicos ao material; inspeção visual após montagem	2	36	

		Fissura	Pode promover à rotura do componente	3	Matéria prima selecionada inadequada	2	Ensaio mecânicos ao material (fadiga, tração e compressão)	2	12	
Correia	Responsável pelo movimento do transportador	Rotura	Não funcionamento do produto	9	Mau dimensionamento; Montagem incorreta	2	Ensaio mecânicos ao material; inspeção visual após montagem	2	36	
		Fissura	Pode promover à rotura do equipamento	3	Matéria prima selecionada inadequada	2	Ensaio mecânicos ao material (fadiga, tração e compressão)	2	12	
Parafusos	Elemento de fixação de duas ou mais superfícies	Rotura	Impossibilita a ligação dos diversos elementos	7	Mau dimensionamento; matéria prima selecionada inadequada	4	Ensaio mecânicos ao material (fadiga, tração, corte e compressão)	3	84	Optar por outros elementos; novo dimensionamento
		Oxidação	N/D (afeta apenas a nível estético)	4	Matéria prima inadequada	2	Ensaio químico (corrosão)	3	24	

		Desenroscar	Impossibilita a ligação dos diversos elementos	7	Dimensionamento inadequado; má montagem (aperto incorreto)	4	Ensaio mecânicos ao material (roscagem e compressão); inspeção visual após montagem	3	84	Optar por outros elementos de fixação; inspeção física após montagem
Suportes fixação	Suportam a estrutura bem como os seus componentes	Fletir	Não funcionamento do produto	9	Dimensionamento inadequado	3	Ensaio mecânicos ao material (fadiga, tração e compressão)	2	54	
Módulo	Responsável pelo movimento do tabuleiro	Rotura	Não funcionamento do produto	9	Dimensionamento inadequado; má montagem	4	Ensaio mecânicos ao material (fadiga, tração e compressão)	3	108	Optar por outro elemento de movimento
		Encravar		7	Dimensionamento inadequado; má montagem; Falta limpeza	3	Ensaio mecânicos ao material (fadiga, tração e compressão)	2	42	
Encoder	Posicionamento da ponte de corte	Curto-circuito	Produto não funciona	10	Defeito interno, danificação ou presença de água no cabo de alimentação	5	Teste funcional; inspeção na produção do cabo interno	2	100	Melhorar revestimento do cabo

Soldadura	Ligação do suporte mesa <i>APEX</i>	Rotura	Perda de resistência mecânica e rigidez da estrutura	7	Soldadura incorreta da estrutura; matéria prima selecionada inapropriada	3	Uso de técnicas para deteção de defeitos em cordões de soldadura (inspeção visual, líquidos penetrantes, entre outros)	2	42	
-----------	--	--------	--	---	--	---	--	---	-----------	--